Ing. OTTAVIO ZANOTTI BIANCO

Libero Docente di geodesia nella R. Università di Torino

STORIA POPOLARE DELL'ASTRONOMIA

LIBRETTO DI COLTURA GENERALE

con Introduzione

del SENATORE PROF. GIOVANNI CELORIA

Direttore dell'Osservatorio di Brera in Milano

L' Astronomia è studio altamente religioso e purificatore dell' anima, che tradotto *popolarmente* ne' suoi risultati generali dovrebbe essere tra' primi nell'insegnamento.

GIUSEPPE MAZZINI, *Scritti*, IV, 95.

S. T. E. N.

SOCIETÀ TIPOGRAFICO-EDITRICE NAZIONALE

(già Roux e Viarengo, già Marcello Capra)

Torino, 1913.

AI MIEI ADORATI E COMPIANTI GENITORI

PIER-FRANCESCO ZANOTTI BIANCO

E

AMALIA LAVINY

ALLA MIA SOAVE SORELLINA VITTORIA,

MORTA A DICIOTTO ANNI

Io non dedico e consacro alla vostra benedetta e santa memoria questo povero libretto, a ciò che esso conferisca a quella lustro ed onore; non lo potrebbe, nè voi lo vorreste; ma a ciò che i vostri dolci nomi di virtuosi e buoni diano al libro medesimo l'impronta vostra, di cosa modesta ma utile ed intesa al bene, come tutto che pensaste ed operaste in vostra mortal carriera.

Il vostro OTTAVIO.

That this book has its faults, no one can doubt,
Although the author could not find them out.
The faults you find, good reader, please to mend,
Your comments to the author kindly send.

Kitchiner's, *The Economy of the Eyes.*

Nessuno può dubitare che questo libro abbia le sue mende, benchè l'autore non sia riuscito a scoprirle. Buon lettore, gli errori che vi trovi, in cortesia, correggi; ed in favore manda i tuoi commenti all'autore.

OTTAVIO ZANOTTI BIANCO
Ingegnere.
Torino, via della Rocca, 28.

Dicembre, 1912.

PREFAZIONE

L'onestà deve essere il fondamento, il carattere imprescindibile di ogni azione umana che non abbia in sè il baco della colpa. Feci quanto seppi e potei affinchè questa STORIA POPOLARE DELL'ASTRONOMIA fosse *onesta:* vale a dire esponesse soltanto fatti veri, notizie esatte, giudizi imparziali e sereni, come è dovere e legge ad ogni storico anche il più insignificante. Ma, dato pure che io fossi riuscito come bramavo nel mio intento, l'opera affidatami dall'egregia Casa editrice non sarebbe così mai riuscita altro se non una mera e disadorna raccolta d'informazioni storiche e di cognizioni astronomiche. Giovanni Celoria non disdegnò, per amichevole affetto, scrivere l'*Introduzione* a questo povero libro, e con quella conferì ad esso pregio e valore altissimi, quali solo uno scritto segnato dal suo nome illustre poteva dare.

Questo povero libretto vivrà per le luminose e splendide pagine dell'INTRODUZIONE che dovranno essere mai sempre ammaestramento e guida infallibili a chi voglia accingersi al difficile còmpito di narrare il magnifico svolgimento della nobilissima scienza degli astri, senza fallire *al glorïoso porto.*

L'amicizia della quale da ben sette lustri mi onora Giovanni Celoria, e che è fra le preziosissime cose che il corso ormai lungo di mia vita m'abbia lasciato, gli dettò parole che io so bene, pur troppo, di non meritare; e la sua benevola indulgenza gli nascose le troppe e gravi mende del mio lavoro. Ma la sua INTRODUZIONE, così buona, così sapiente, così elevata rimarrà, diamante fulgidissimo incastonato in rozzo

ed umile metallo, attestato imperituro della gentilezza d'animo, della mente poderosa ed elettissima, della vasta e profonda dottrina di colui che ben si meritò di essere amico e successore di quel sommo che fu Giovanni Schiaparelli: voglia Egli gradirne i ringraziamenti caldissimi che qui con fraterno e riverente animo gli offro. Debbo pure rendere sentite grazie al dottor Marco Rossi, che compilò l'indice delle persone e delle cose, prestandomi efficace aiuto colla sua larga coltura nella revisione delle bozze.

Torino, novembre 1912.

O. Z. B.

Avvertenza importantissima.

Il presente volume ha per titolo **Storia popolare dell'Astronomia** *e non intende essere altro che un* Libretto di coltura generale. *Fu inoltre volontà degli egregi Editori, che esso non superasse le 350 pagine in ottavo, al fine di riuscire, per il suo modico prezzo, accessibile a tutte le persone desiderose di sana coltura. L'Autore tentò, per quanto valeva, di accostarsi al tipo di libro delineato nel titolo e di tradurre in parole stampate il lodevole e pratico scopo prefissosi dalla benemerita Società Editrice.*

Nelle pagine che seguono non si cerchino dunque nè erudizione, nè critica, nè disquisizioni, nè biografie e raffronti fra storia politica e scientifica, no: tutte queste belle cose non vi si trovano, poi che esse non hanno qui loro luogo. L'Autore, insignificante cultore della scienza degli astri, non ebbe di mira che l'esposizione piana e concisa dello svolgimento storico dell'astronomia in base alle migliori e più sicure fonti. Egli sarà troppo contento se il benevolo lettore, giudicando con cortese indulgenza il libro, quale Editori ed Autore lo vollero, non lo riscontrerà di soverchio inferiore al nobilissimo argomento che tratta.

INTRODUZIONE

La benevolenza e l'innata cortesia dell'amico mio, autore di questa « Storia popolare dell'Astromia », vollero che io di essa scrivessi l'introduzione, nè io seppi, come pure avrei dovuto, resistere all'invito affettuoso e lusinghiero, e più ancora al sentimento di ammirazione che in me svegliava l'ardita iniziativa di un cultore appassionato delle scienze astronomiche, e di un geniale volgarizzatore di esse.

Sinceramente io applaudii e applaudo ai concetti che guidarono l'amico e collega O. Zanotti Bianco a scrivere questo volume di storia scientifica, che oggi si pubblica.

Applaudii e applaudo, perchè sempre mi sovvengo del vivo culto che per la storia delle scienze in genere, e dell'astronomia in ispecie professò, durante l'intera e lunga e feconda sua vita, Giovanni Schiaparelli, maestro insigne e scienziato immortale. *Res enim* — sono sue parole — *mihi maximi momenti semper visa est, ut disciplinarum, quibus operam damus, primordia et origines ea, qua adhuc possumus, diligentia inquirere.*

Applaudii e applaudo, perchè di due verità vado da anni convinto: la prima che lo studiare seguendo il metodo storico, meglio d'ogni altro metodo, insegna il segreto delle indagini scientifiche e forma il vero scienziato, poichè delle verità della scienza non si diventa padroni assoluti, se non si conoscano le vie per le quali lo spirito umano, meglio gli uomini di genio ad esse arrivarono; la seconda che a torto in Italia troppo a lungo andarono negletti gli studi storici rivolti alle scienze, lasciando agli stranieri questo

nobile còmpito, i quali l'assolvettero soventi con danno della verità e del nome italiano, talora per incompleta ricerca o dottrina, tal'altra per non perfetto e imparziale senso storico, o per cieco e non equo sentimento di nazionalità.

Applaudii e applaudo, ma non nascosi mai, e non nascondo a me stesso l'ardua difficoltà dell'impresa.

L'astronomia è la prima scienza induttiva che siasi formata, ed è di gran lunga la più antica delle scienze obiettive, sicchè tutte le altre precede di molto nell'evoluzione sua. A grande distanza la seguono le scienze fisiche e le chimiche relativamente moderne; a maggior distanza le scienze geografiche o le geologiche, di origine recente; a distanza ancora maggiore le scienze biologiche, quasi contemporanee nostre per l'origine loro.

La ragione di questa antichità dell'astronomia va cercata nella natura stessa dei fenomeni fondamentali, di cui essa ebbe dapprima ad occuparsi, fenomeni i quali più d'ogni altro sono suscettibili di misura, e di una espressione o formula semplice. Nella fisica le formole, con le quali possono rappresentarsi i rapporti dei fenomeni, diventano più complesse; grande è questa complessità nella meteorologia; più grande ancora nei fatti della vita, donde il lento e tardo svolgersi delle scienze biologiche, e quello anche più lento e tardo delle psicologiche, obiettivamente considerate, in quanto esse riguardano appunto le funzioni più elevate degli esseri aventi vita.

Suscettibili di espressione o formola semplice sono i fatti primi e fondamentali dell'astronomia, ma semplice non è il grande e superbo edificio astronomico, che via via si è andato formando. E' questo anzi molto complesso, poichè è il frutto di un lavoro lento, secolare e di evoluzioni incessanti; nè una mente sola lo elaborò, nè di esso il merito va attribuito ad un sol uomo, come erroneamente storici non abbastanza imparziali insegnano. In ciò sta anzi la caratteristica dell'astronomia, che essa seppe non isolarsi mai, seppe anzi in ogni tempo valersi nelle sue indagini di postulati tratti dai rami più diversi dello scibile umano.

Oggimai siamo giunti a questo, che tutti i rami nei

quali l'attività umana si esplica, le esplorazioni commerciali e geografiche, le industrie meccaniche e le chimiche, le scienze meno affini, le matematiche pure, le ricerche filologiche e storiche riguardanti i più antichi popoli della terra, la fisica, la spettrografia, l'ottica, la fotografia, l'elettricità prestano efficacissimo concorso all'astronomia. Di qui la rapida accelerazione del suo progredire, il campo delle ricerche sue ognora più vasto, la specializzazione delle ricerche stesse più e più necessaria. Di qui ancora la difficoltà e la complessità crescente di ogni sintesi che si riferisca all'odierna evoluzione astronomica; di qui infine l'arduo cammino che il Zanotti Bianco dovette percorrere nel dettare la storia che forma l'oggetto del presente volume. Fare un quadro, tanto più se sintetico e popolare, dell'astronomia antica, della moderna, della contemporanea è opera difficilissima.

Le letterature scientifiche diverse non possedono oggi un libro il quale, a riguardo dell'astronomia antica, riassuma le numerose ricerche speciali e gli importanti risultati che in tale campo, come in ogni altro dello scibile umano, il secolo scorso ha prodotto. Non v'è quasi capitolo dell'astronomia antica che, durante il secolo XIX, non sia stato parzialmente od anche interamente rinnovato. A ciò cooperarono, lasciò scritto lo Schiaparelli: le ricerche di molti eruditi armati di metodo critico sicuro e potente, che gli scrittori antecedenti poco avevano conosciuto; lo studio più diligente e più esatto degli antichi autori, oggi rappresentati da edizioni fatte sui codici accuratamente fra loro comparati, e assoggettati a severa discussione; infine le grandi e meravigliose scoperte archeologiche, per cui tutta fu rinnovata la storia delle antiche nazioni dell'oriente, per cui ci fu dato prendere anche una cognizione più che superficiale della loro cultura nelle arti e nelle scienze.

I monumenti astronomici degli egiziani furono infatti profondamente studiati, e con rigorosa critica interpretati.

I documenti, sepolti per secoli e secoli, e che a migliaia ritornano alla luce dalle rovine di Ninive e di Babilonia, nonchè dai vecchi templi della Bassa

Caldea, hanno dato sull'astronomia dei Babilonesi informazioni estese e sicure, e hanno dimostrato che il merito acquistato dai Babilonesi nel creare, e sopra tutto nel diffondere le dottrine astronomiche, è stato grande ed inferiore soltanto a quello dei Greci.

A partire dalla metà del secolo XIX cominciarono ad ordinarsi alquanto le cognizioni nostre anche sulla storia dell'astronomia indiana. Molti libri sanscriti di astronomia, di cui appena si sapeva il nome, vennero fuori dalle loro tenebre secolari, sicchè oggi i fatti e i documenti relativi all'astronomia indiana sono noti sì nel loro ordine storico, che nelle loro linee principali.

Nella stessa astronomia dei Greci non mancarono durante il secolo XIX scoperte interessanti. Si è riconosciuto che il vuoto di quasi trecento anni fra i due sommi astronomi Ipparco e Tolomeo è stato fino ad oggi soltanto apparente: più attente ricerche han fatto scoprire vestigie di due sistemi di astronomia planetaria, dei quali si è potuto ricostruire in parte i caratteri più importanti. Le idee dei filosofi Greci sulla costruzione dell'Universo sono state meglio studiate e ridotte ai risultati più probabili; l'astronomia di Filolao e quella di Platone sono state spiegate nella loro vera natura; le teorie planetarie di Eudosso furono per la prima volta intese, ed apparvero agli occhi di tutti, nella loro sorprendente genialità, come uno dei monumenti più importanti del genio ellenico. Qualche luce pure si è fatta sull'evoluzione di idee, che condusse Eraclide Pontico e Aristarco a prevenire, in tutto o in parte, le idee di Ticone e di Copernico. I cicli solari e lunari dei Greci, ed in generale tutta la loro cronologia è stata sottilmente indagata e verificata.

A fare una sintesi di tante eruditissime ricerche si preparava ultimamente lo Schiaparelli. Pochi anni di vita avrebbero a lui bastato per dare alla letteratura scientifica del nostro paese un libro classico, che oggi manca ad essa non meno che alle letterature straniere, e che avrebbe tracciato magistralmente lo stato attuale e progredito delle cognizioni nostre sulle origini dell'astronomia, E' a deplorare che la vita

siagli venuta meno a opera così nobile e sapiente, nè quest'opera di erudizione trascendentale potrebbe mai essere oggetto di una storia popolare dell'astronomia. Con opportuno e sapiente consiglio, il Zanotti Bianco, seguendo in ciò anche l'esempio dei più rinomati storici i quali dopo Bailly e Delambre scrissero dell'astronomia, dedicò la parte di gran lunga maggiore dell'opera sua ai progressi meravigliosi dei tempi moderni, trattando degli antichi, pur tenendo conto degli ultimi progressi intorno ad essi, con la voluta sobrietà nei primi otto capitoli del libro suo, raccolti appunto sotto il titolo largo o generale di astronomia dei tempi antichi fino a Galileo. Così facendo, l'Autore mostra di avere sulle epoche e divisioni nella storia dell'astronomia concetti nuovi, a parer mio giusti e fondati, sebbene diversi da quelli seguìti universalmente.

In generale si divide la storia dell'astronomia in antica, medioevale e moderna, seguendo le orme di Delambre, e attenendosi press'a poco ai limiti corrispondenti coi quali si suol dividere la storia politica; questa determinazione però dei limiti assegnati alla astronomia antica e medioevale è dettata piuttosto da opportunità pratica che dalla natura delle cose. Era opinione dello Schiaparelli che chi voglia seguire la pura ragione scientifica, e dividere la storia dell'astronomia secondo le fasi fondamentali della sua evoluzione progressiva, debba attenersi a un sistema ben diverso.

E' noto infatti che l'astronomia degli Arabi, dei Tartari, dei Persiani musulmani, degli Ebrei medioevali e dei Latini d'occidente fino a Copernico non presenta alcuna differenza essenziale rispetto a quella dei Greci, quale questa è rappresentata dall'Almagesto. All'epoca del Risorgimento, in Europa non si fa altro che spiegare e commentare quel libro famoso. E se ben si considera, Copernico medesimo non è altro che un continuatore dei Greci, poichè all'idea fondamentale di Aristarco egli adattò i metodi geometrici di Ipparco e di Tolomeo. Nè gli strumenti di Ticone, nè i suoi metodi di osservazione includevano alcun principio importante, che non fosse noto e praticato

dai Greci e dagli Arabi. Keplero stesso, il quale ruppe l'incantesimo dei moti circolari, considerò ancora le rivoluzioni celesti come un problema di geometria e di proporzioni numeriche, nè più nè meno di quanto facessero i Pitagorici e Platone. Certo Copernico, Ticone e Keplero prepararono le vie all'astronomia nuova, ma essi si aggirarono ancora nel circolo delle idee antiche.

L'astronomia moderna ebbe origine quando si cessò dal considerare gli astri come corpi di natura diversa dai corpi terrestri, e si incominciò a supporli assoggettati alle medesime leggi fisiche e meccaniche; quando il telescopio fu applicato all'osservazione del cielo e alle misure angolari; quando la dinamica, creata da Galileo, venne applicata da Newton al calcolo della figura e del movimento dei pianeti, dei satelliti e delle comete.

A questi concetti ai quali lo Schiaparelli arrivò con lungo studio e con dottrina vastissima, a ragione, parmi, il Zanotti Bianco si attenne nel disegno generale della sua storia dell'astronomia. Con due capitoli « Galileo Galilei » e « Da Galileo e Newton ai nostri giorni » apre egli infatti la seconda parte del suo libro, che ne è anche la maggiore e principale, e alla quale egli dà appunto il titolo generale « L'Astronomia moderna e i suoi mezzi d'indagine e di osservazione ».

Sarebbe forse impossibile, seguendo l'ordine puramente cronologico e distribuendola in periodi chiusi da anni determinati, svolgere con la necessaria chiarezza la storia, pur popolare, di questa astronomia nuova, la quale ricevette un grande e mirabile complemento, quando allo studio delle forme e dei movimenti venne ad aggiungersi l'indagine chimica dei corpi celesti per mezzo dell'analisi spettrale. Già gli annali suoi son diventati straordinariamente copiosi, e niuno può dire oggi quando il periodo astronomico, cominciato nel corso del secolo XVII, si potrà considerare come finito.

Con sapiente visione delle cose quindi, l'autore considera nel libro suo a parte a parte il sistema solare, i movimenti degli astri che ad esso appartengono,

la cosmogonia, lo studio fisico del sole, dei pianeti, dei satelliti loro, delle comete, delle stelle cadenti, della luce zodiacale, e passa in seguito a trattare delle stelle, nonchè degli attraentissimi problemi dell'astronomia stellare. Intorno ad ognuno di tali importanti argomenti svolge egli storicamente le cognizioni, che via via col tempo si andarono acquistando, e per tal modo riesce a dettare un libro che insegna, popolarmente, a un tempo e l'astronomia e la storia sua, che insegna l'astronomia seguendo il metodo storico; riesce in altre parole a scrivere un'astronomia popolare storicamente insegnata, e a tracciare un quadro fedele delle cognizioni astronomiche ai giorni nostri.

Quando si potrà mai considerare come finito il periodo storico di questa nostra astronomia nuova? A qual genere di grandiose scoperte si dovrà l'inaugurazione del periodo astronomico consecutivo? E l'astronomia nuova non avrà mai il poeta che, da essa ispirato, dia fondo all'universo, così come in Dante Alighieri l'ebbe l'astronomia tolomaica?

Ecco domande suggestive in sommo grado, alle quali sarebbe però temerario non solo dare, ma pur tentar di dare risposta. Nè di una tale temerarietà si rende colpevole, o altri può immaginare che colpevole si renda lo spirito equilibrato dello Zanotti Bianco.

Certo se la poesia, quando non è sentimento, è sopratutto sintesi di pensiero, nessun argomento può essere più degno di essa di quello offerto dall'astronomia, la quale mira alla più grande sintesi possibile, alla sintesi del mondo universo, ed è forse pensando a questo che l'Autore, prima di raccogliere in una appendice utilissima e in un breve quadro le cognizioni astronomiche essenziali, prima di dare un preciso glossario e indice delle cose contenute nel suo libro, chiude il medesimo con un capitolo suggestivo e attraente, dedicato all'astronomia nei poeti italiani, capitolo che mentre prova la vasta sua coltura letteraria, insegna a un tempo che male si riesce nello studio delle scienze se scarse sieno le attitudini alle lettere, o se faccia difetto l'abito filosofico della mente.

Milano, novembre 1912. G. CELORIA.

Elenco dei nomi di alcuni autori, gli scritti dei quali devono essere letti e consultati da chi voglia studiare l'istoria dell'astronomia.

Autori italiani. — Boncompagni, Carrara, Caverni, Celoria, Favaro, Libri, Riccardi, Schiaparelli, Tiraboschi: nelle opere di storia e letteratura di quest'ultimo si contengono molte notizie concernenti l'astronomia.

Per quanto riguarda Galileo, le sue opere ed i suoi tempi, sono di capitale importanza gli scritti di Antonio Favaro, che informano anche di quanto fu pubblicato all'estero intorno al sommo Pisano.

La storia dell'astronomia nel secolo decimonono è esposta magistralmente da Giovanni Celoria, in un suo lavoro contenuto nell'opera *Il secolo XIX nella vita e nella cultura dei popoli*, edita dal Vallardi in Milano.

Per la storia dell'astronomia negli ultimi cinquant'anni è da vedere uno scritto del dottor E. Bianchi, astronomo del Collegio Romano, intitolato: *L'ultimo cinquantennio dell'astronomia italiana*, negli *Atti della Società Italiana per il progresso delle scienze*, Roma 1911.

Nell'opera *Mezzo secolo di vita italiana* (Milano, Vallardi), il signor Isidoro Baroni presenta brevi cenni sulla storia dell'astronomia in quel turno, accompagnandoli con una bella collezione di ritratti di scienziati italiani, che fiorirono in quel lasso di tempo.

Autori franco-belgici. — Baily, Bertrand, Bigourdan, Biot, Cassini, Delambre, Flammarion, Hoefer, Houzeau, Lalande, Lancaster, Laplace, Le Bon, Marie, Martin, Montferrier, Montucla, Munk, Santarem, Sedillot, Tannery.

Autori anglo-americani. — Allen, Baden Powel (1), Berry (2), Bryant, Dreyer, Forbes, Grant, Lewis, Maunder, Newcomb, Rouse Ball, Turner, Whewell.

Autori tedeschi ed austriaci. — Boekh, Cantor, Gomperz, Günther, Gruppe, Hankel, Heiberg, Heilbronner, Hoppe, Kästner, Mädler, Müller, Poggendorf, Valentiner, Wolf, Zeller (Storia della filosofia), Zeuthen.

Per indicazioni bibliografiche sono preziose le opere di Houzeau e Lancaster e Rodolfo Wolf.

Chi poi voglia tenersi a giorno dei progressi dell'astronomia deve essenzialmente ricorrere alle seguenti pubblicazioni annuali.

Astronomischer Jahresbericht, Reimer, Berlino.

Jahrbuch der Astronomie und Geophysik, redatto dal dottor H. J. Klein ed edito da Edward Heinrich Mayer, Lipsia.

Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik, Reimer, Berlino.

Il dottor Stroobant, astronomo belga, pubblica ogni anno in francese a Bruxelles un apprezzatissimo resoconto dei progressi dell'astronomia.

Fra i numerosissimi periodici astronomici che vedono la luce in tutte le lingue, additeremo unicamente le *Astronomische Nachrichten*, che si pubblicano in Kiel, come quelle che più rapidamente informano delle novità astronomiche.

In Italia si hanno varie *riviste* che si occupano popolarmente di astronomia: fra esse menzioneremo la più importante e più diffusa *La rivista d'astronomia e scienze affini*: organo della Società Astronomica Italiana, fondata nel 1907 dal Padre Giovanni Boccardi, direttore dell'osservatorio della Regia Università di Torino e professore ordinario d'astronomia nell'università medesima.

(1-2) Se ne ha una traduzione italiana.

ABBREVIAZIONI ED INDICAZIONI VARIE.

Nel presente lavoro non si presuppongono nel lettore che le nozioni elementari di matematica, fisica e cosmografia.

h... ora dal latino *hora*
d... giorno » *dies*
m... minuto primo
s... » secondo

Esempio. — $29^d\ 12^h\ 44^m\ 3^s$, si legge 29 giorni, 12 ore, 44 minuti primi, 3 minuti secondi. Questo numero rappresenta la durata della *rivoluzione sinodica* della luna, ossia l'intervallo di tempo compreso fra due fasi consecutive del medesimo nome, che prende altresì il nome di *lunazione* o *mese lunare*; l'unità è il giorno solare medio (g. s. m.).

°..... gradi
′..... primo } d'arco
″..... secondo

Esempio. — L'obliquità media dell'eclittica al 1° gennaio 1910 ha per valore 23° 27′ 3″, che si legge 23 gradi, 27 primi, 3 secondi.

Punti cardinali N, Nord; S, Sud; O, Ovest; E, Est.

I numeri tra le parentesi che seguono un nome proprio di persona si riferiscono agli anni di sua nascita e di sua morte: così Galileo Galilei (1564-1642), deve intendersi così: Galileo Galilei nato nel 1564, morto nel 1642.

a. G. C. significa, scritto dopo il numero di un anno, *avanti Gesù Cristo.*

g. s. m., giorno solare medio — mil. km., milione di chilometri — t. s. m., tempo solare medio.

Nel presente libretto non si discorre nè del calendario, nè della divisione del tempo. La trattazione di questi argomenti non avrebbe potuto capire nello spazio assegnato: ma speriamo di poterla svolgere fra non molto, in un apposito volumetto.

SEGNI E SIMBOLI ASTRONOMICI

SEGNI DELLO ZODIACO (*Vedi pp. 258 - 85 - 86*).

N.ro d'ordine	Simbolo	Nome		Longitudine del punto d'origine
0	♈	Ariete	Primavera	0°
1	♉	Toro		30
2	♊	Gemelli . . .		60
3	♋	Cancro. . . .	Estate	90
4	♌	Leone		120
5	♍	Vergine . . .		150
6	♎	Bilancia o Libra	Autunno	180
7	♏	Scorpione . .		210
8	♐	Sagittario . .		240
9	♑	Capricorno . .	Inverno	270
10	♒	Acquario . . .		300
11	♓	Pesci		330

I SEGNI SI TROVANO OGGI NELLE COSTELLAZIONI

Segni		COSTELLAZIONI
♈	Ariete	Pesci
♉	Toro	Ariete
♊	Gemelli	Toro
♋	Cancro	Gemelli
♌	Leone	Cancro
♍	Vergine	Leone
♎	Bilancia	Vergine
♏	Scorpione	Bilancia
♐	Sagittario	Scorpione
♑	Capricorno	Sagittario
♒	Acquario	Capricorno
♓	Pesci	Acquario

PIANETI E SOLE

Mercurio, ☿ — Venere, ♀ — Terra, ♁

Marte, ♂ — Giove, ♃ — Saturno, ♄ — Urano, ♅

Nettuno, ♆ — Sole, ☉

ASPETTI O CONFIGURAZIONI

☌, Congiunzione di due astri che hanno la medesima longitudine.

□, Quadratura di due astri le cui longitudini differiscono di 90°.

☍, Opposizione di due astri le cui longitudini differiscono di 180°.

FASI DELLA LUNA

●, L. N., Luna Nuova — ☽, P. Q., Primo Quarto

○, L. P., Luna Piena — ☾, U. Q., Ultimo Quarto

All'istante della Luna Piena, il Sole e la Luna sono in opposizione visti dalla terra.

All'istante della Luna Nuova il Sole e Luna sono in congiunzione visti dalla terra.

All'istante del primo e dell'ultimo quarto, il Sole e la Luna sono in quadratura rispetto alla Terra. L'opposizione e la congiunzione della Luna col Sole, ossia la Luna Piena e la Luna Nuova si indicano assieme colla denominazione di *sizigie;* usata specialmente nella teoria delle maree: di questa però non si è trattato nel presente libretto.

INDICE DEL LIBRO

L'ASTRONOMIA
DAI TEMPI ANTICHI FINO A GALILEO

1. — **Forma e grandezza della Terra.**

Gli uomini si trovarono viventi sopra un corpo, la cui superficie è in parte liquida e in parte solida, e variamente configurata; e quando, superate le difficoltà dell'esistenza, sicuri del nutrimento e della casa, poterono raccogliersi e riflettere, essi si sono poste le due questioni seguenti circa la dimora loro assegnata dalla natura: 1° quale è la forma di questa dimora, di questo mondo che fu chiamato Terra? 2° quali sono le dimensioni di questo mondo? E' evidente che la seconda questione non può precedere la prima: per ottenere infatti le dimensioni di un corpo, occorre prima conoscere come esso sia fatto, al fine di saper qual cosa si debba misurare, altrimenti non si viene a capo di nulla. I primi uomini che pensarono a ciò, cercarono pertanto, prima d'ogni altra cosa, di scoprire come era fatto il mondo da essi abitato. Le prime indagini di questo genere non poterono naturalmente avere altra base che la porzione di superficie accessibile agli uomini che le istituivano. Si è perciò che i primi concetti circa la forma della Terra, ritraggono le impressioni vergini dei sensi. Orbene, queste impressioni ci

mostrano la superficie sulla quale stiamo, come la faccia piana di un disco circolare, del quale, sopratutto sul mare o su vaste pianure, noi ci crediamo al centro; ciò ben inteso, astraendo dai monti e colli che la mente subito si rappresenta come elevantisi sopra quella superficie.

Il vecchio concetto oceanico che informa i poemi di Omero e secondo il quale la Terra era un vasto disco circondato dal gran fiume Oceano, vigeva ancora ai tempi di Erodoto, il quale non nascondeva il suo disprezzo per quei filosofi che volevano che la Terra fosse un corpo sferico. Conseguente alla sua idea, il grande storico greco ammetteva che le regioni terrestri poste ad oriente là ove nasce il sole, e quelle ad occaso, là ove il giorno muore, fossero come più vicine molto più riscaldate dal Sole levante od occiduo. Possidonio narra, seguendo Strabone, di aver sentito dire che in Ispagna si udiva realmente una specie di stridore cagionato dalle fiamme del Sole che si tuffavano e spegnevano nel gran fiume Oceano, come riferiscono anche Giovenale ed Ausonio. A vero dire, molte delle ipotesi formulate dai seguaci delle scuole ioniche ed eleatiche, e più tardi anche dai dotti stoici ed epicurei, sono molto più assurde di quella fondata sopra un'illusione, ma naturale e semplice sostenuta da Erodoto. Alcuni volevano che la Terra fosse foggiata a lente; Anassimene la assomigliò ad una mensa, Leucippo ad un timpano, Democrito a un disco, Crate ad un semicerchio, Possidonio ad una fionda, altri a una piramide; taluni la ritennero quadrangolare, o piatta, o cubica, o concava. Persino l'acuto Anassagora professava l'opinione di Erodoto. Questa era così comune che quando Pitea, che aveva tanto viaggiato, raccontò sul suo libro *Sull'Oceano*, andato perduto, i fenomeni che aveva osservati e che non altrimenti si lasciavano spiegare che colla dottrina della sfericità della Terra, i più misero in dubbio i fatti affermati. Da taluni si crede che Talete insegnasse la dottrina della sfericità della Terra; ma ciò non è ben certo, e pare ch'egli potesse anche senza di essa pronunziare la sua famosa predizione d'eclisse.

Fu opinione popolare degli antichi che la Terra presentasse una superficie concava, ma essa durò poco, sebbene Orazio la rammenti, con Lucano, Silio Italico e Claudiano. Quest'ultimo narra di un luogo della Terra, che pare supponga situato nella zona torrida e quindi agli orli del mondo, nel quale si odono le sferzate che il Sole somministra ai suoi cavalli, quando il suo cocchio compare al mattino sul limitare del mondo stesso. Il rabino Abraham ben Chisa dimostrò nel medio evo che la Terra non poteva essere concava, con considerazioni semplici e giuste. Professavano indubbiamente la dottrina della sfericità della Terra Pitagora e Parmenide; scolaro questo di Xenophane, e dal quale proviene anzi la divisione della Terra in zone, che anche oggi s'insegna nella geografia. La scuola pitagorica seguì naturalmente le idee del maestro: Aristotele ed Archimede collocarono l'asserto della sfericità della Terra fra le verità scientificamente ben assodate, e solo nel medio evo essa fu per poco abbandonata.

La decadenza del sapere, in sul principio dell'età di mezzo, esercitò anche sull'argomento che ci occupa la più perniciosa influenza. Padri della Chiesa come Ephraim, Diodoro, Teodoro da Mopsuestia, Acacio da Cesarea, Grisostomo, Saveriano pensavano essere il cielo come un gran tetto emisferico coprente il suolo, e coll'autorità di squarci biblici sostenevano il mondo essere foggiato a padiglione, a casa, a camera. Il famoso Lattanzio cade in un analogo errore per il che Copernico non esita a dichiararlo uno scrittore fanciullesco ed un matematico molto debole. Un anonimo geografo di Ravenna divise la Terra in due regioni, in luce l'una, l'altra nelle tenebre, fra loro separate da alte montagne. Cosma monaco, detto, per i suoi viaggi nell'India, Indopleuste, fabbricò su tutte quelle fantasticherie un sistema cosmologico. Montfaucon nella sua raccolta di opere patristiche cercò di rappresentare col disegno l'imaginazione del geografo di Ravenna; di quei disegni, però, secondo Günther, è autentico solo quello pubblicato da G. Marinelli nel dottissimo suo libro *La geografia ed i Padri della Chiesa*. Ancora nel secolo ottavo certo

Virgilio, prete, soffrì l'inimicizia di S. Bonifacio, vescovo di Magonza, e di papa Zaccaria da esso influenzato, per aver osato sostenere l'*iniqua eresia* che vi fossero antipodi ; il che, a quanto afferma Keplero, gli cagionò la perdita del suo vescovado. Vogliono alcuni che questo Virgilio, prete, fosse vescovo di Salzburg : ma Leopardi (*Saggi sugli errori popolari degli antichi*), appoggiandosi all'autorità di Pagi e di Le Coimte, sostiene che questo Virgilio prete non va confuso con un santo vescovo di *Salisbury* (sic) dello stesso nome. Ma da *Salisbury* a *Salzburg* ci corre. Si attennero per contro a più esatti concetti Origene, Clemente Alessandrino, Gregorio da Nyssa, Basilio : Sant'Ambrogio nulla trovò di riprovevole nel riconoscere la verità : Sant'Agostino si mantenne in una prudente riserva. Professavano la dottrina della rotondità della Terra, uomini quali Giovanni Scoto Erigene ed il venerabile Beda. Da quest'ultimo provengono le savie dottrine tenute da Alcuino e da Adamo da Brescia, che assicurarono ognor più la definitiva vittoria della fondamentale verità geografica. Che essa poi fosse generalmente accettata nel dodicesimo secolo, lo provano i seguenti versi in vecchio francese :

Si que andui egaument alassent
Il comendrait qu'il s'encontrassent
Dessus le leu dont ils se murent.

In questi il poeta Omons espone quel che egli riteneva avverrebbe, se due uomini partendo da un dato punto, si muovessero con uguale velocità in direzioni opposte, cioè che essi s'incontrerebbero in un punto della Terra, diametralmente opposto a quello di partenza.

Da misure istituite dagli Arabi, sulle quali dovremo tornare più avanti, appare che essi ammettevano la rotondità della terra. Di questa, il loro grande Abul-Feda, vedeva una delle più naturali conseguenze quando insegnava che in un viaggio intorno alla Terra, si sarebbe perduto o guadagnato un giorno a seconda del senso in cui si effettuasse la circumnavigazione. I lavori di Steinschneider e di Peschel hanno

mostrato che però anche presso gli Arabi, quel gran popolo meditativo e guerriero, non poca opposizione incontrò nel suo cammino il gran vero del quale stiamo rapidamente scorrendo l'istoria. Strano a dirsi, in Persia, sul principio del secolo decimonono, persone occupanti alte cariche, non prestavano ancor fede alla rotondità della Terra, che ora è accolta in tutto l'Oriente.

Tralasciamo di dire della grande questione che agitò tanto i dotti del medio evo, ossia della relazione di forma dell'acqua e della Terra, della quale si occupò anche Dante, che intorno ad essa compose un trattato famoso, e che fu chiusa definitivamente da Copernico che dimostrò che l'acqua e la terra formano un' unica sfera, che è il globo da noi abitato (1).

Oggi la dottrina di Pitagora è ritenuta come verità inconcussa da tutti i popoli: la scienza moderna l'ha solo leggermente modificata, ed insegna che non sferica ma sferoidica e di poco differente da una sfera è la Terra, come brevemente diremo più avanti.

I savi Greci convintisi della vera figura convessa della Terra, si diedero a misurarne la grandezza. Ma a ciò eseguire non valgono i mezzi che servono alla valutazione delle grandezze che si presentano nella vita usuale, per di più la superficie terrestre, così varia per configurazione e natura, offre a codeste indagini ben difficile appiglio. Se pertanto vuolsi riuscire ad alcunchè di concreto, bisogna assurgere a qualche cosa di ideale, seguendo l'esempio dato dalla geometria pratica nella misura delle aree e dei volumi; fare cioè, per un momento, astrazione dalla realtà per poi tornarvi meglio e più da vicino. A ciò si giunge immaginando una Terra, oserei dire,

---

(1) L'edizione più accurata del trattato di Dante « *Quaestio de aqua et terra* » è quella curata dal P. C. Boffito ed edita in Firenze nel 1905 da Leo S. Olschki, con versione in cinque lingue, un'introduzione storica del padre Boffito medesimo, un proemio del dottor Prompt ed un'introduzione scientifica dell'Ing. O. Zanotti Bianco.

teorica e convenzionale, o per parlare più correttamente, lasciare i dettagli in disparte e considerare la Terra nel suo complesso: così appunto si fece. Quando si vuole misurare la Terra, la si considera come un tutto di nota figura; pertanto, lo si noti bene, a base di tutte le misure antiche e moderne delle dimensioni della Terra, sta una ipotesi, quella della figura di essa, senza la quale nulla si sarebbe concluso mai. Dai tempi storici, come si disse, e fino a Newton (1643-1727) si ammise che la Terra fosse nel suo complesso una sfera perfetta, e si cercò con vari mezzi e procedimenti di misurarne il raggio.

Nulla dimostra fondata l'affermazione di taluni che i Caldei e gli Egiziani abbiano mai tentato di determinare la grandezza della Terra. Aristotele le assegna un cerchio massimo della lunghezza di 400.000 stadii: ma ignorasi donde egli trasse quel numero: così non si sa donde Archimede derivasse la lunghezza di 300.000 stadii che egli assegna a quel cerchio, al quale Tolomeo ne attribuiva 180.000. Ma la prima misura del raggio terrestre intorno alla quale si abbiano particolari autentici è quella istituita da Aristarco da Samo (280 a. G. C.): il concetto di essa è esatto ed oggi ancora informa i più delicati procedimenti della geodesia. Se si riesce a conoscere la lunghezza di un arco di cerchio massimo di una sfera, del quale sia nota l'ampiezza, si ha mezzo di calcolare subito il raggio della sfera medesima. Per effettuare ciò, si scelgono due punti situati sul medesimo meridiano (gli antichi dovevano accontentarsi in questo, e nel resto, di una approssimazione molto larga), e se ne misura o se ne ricava indirettamente la distanza: l'ampiezza dell'arco compreso fra quei due punti sarà eguale alla differenza delle loro latitudini. Gli antichi ottenevano la latitudine di un luogo terrestre nel seguente modo. Misuravano con precisione la lunghezza di un gnomone o asta verticale e della sua ombra meridiana ai solstizii, deducendone l'altezza meridiana del Sole a quelle epoche, o, il che torna lo stesso, la distanza zenitale meridiana. La semi-differenza delle due distanze zenitali meridiane e solstiziali del Sole dà l'obliquità dell'eclittica, e la

loro semi-somma la latitudine del luogo d'osservazione. Talvolta invece del gnomone si servivano di un apparecchio detto *scaphé*. Molte cause d'errore rendevano mal sicura una così fatta misura, ed i risultati di quelle che a noi pervennero non sono troppo concordanti. Ma ciò, forse, vuolsi attribuire all'ignoranza in cui stiamo della lunghezza precisa dell'unità di misura che serviva ad esprimerle: unità, *stadio*, che ebbe senza dubbio nelle varie epoche e nei vari paesi, differenti lunghezze; e certamente lo stadio di Aristotele e quello di Archimede erano più corti di quello di Tolomeo. Eratostene (276-174 a. G. C.), Ipparco (verso 150 a. G. C.), Possidonio (130 a. G. C.) nell'antichità; gli astronomi arabi del califfo Almamoun, nel secolo ottavo dell'era nostra; Norwood, il medico Fresnel, nel decimosesto secolo; Snellio che nel diciasettesimo inventò il procedimento, ancora oggi seguìto, delle triangolazioni: applicarono con precauzioni disuguali e particolari diversi il metodo sopra accennato. Esso fu poi anche tenuto da Picard, quando nel 1668 fu incaricato dall'Accademia delle Scienze di Parigi di ricercare, colla massima esattezza possibile, la lunghezza del raggio terrestre: ed a quanto sembra, adottato anche prima a Firenze, nel 1400, da Paolo dal Pozzo Toscanelli.

Nel 1666 veniva fondata l'Accademia delle Scienze di Parigi, che tanta influenza doveva avere sull'avvenire delle scienze ed in particolare della geografia matematica o geodesia che dir si voglia. I dotti che furono chiamati a far parte della nuova istituzione sentirono quanto onorevole sarebbe stato per loro il far cessare ogni incertezza sulla grandezza della terra. L'abate Giovanni Picard (1620-1682) ebbe l'incarico di istituire le misure occorrenti all'alto scopo: egli le condusse a termine con scrupolose cure e precauzioni e con ingegnosi trovati pratici e teorici, che grandemente giovarono all'avanzamento della geodesia. La sua opera fu continuata dal suo allievo La Hire (1677-1717) e da Cassini. Uno dei risultati più importanti della misura di Picard è che essa ha, per così dire, salvato dal nulla la scoperta della legge di gravitazione. Quando nel 1666 Newton volle

verificare la sua prima idea sulla causa dei movimenti planetari, adoperò un valore del raggio terrestre molto inesatto, e non trovando verificata la legge dell'inverso del quadrato delle distanze, abbandonò quell'idea. Dieci anni dopo, quando conobbe la misura dell'abate Picard ne adottò i risultati corretti, rifece i calcoli, e la grande legge di natura da lui scoperta si trovò confermata. Un altro grande astronomo, del quale dovremo occuparci in altre parti della presente istoria, concorse moralmente e pecuniariamente a dare vita e diffusione alla legge di Newton. Newton aveva presentato alla Società Reale delle Scienze di Londra, onde venisse pubblicato, un grande trattato di meccanica celeste intitolato *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica,* che conteneva la dimostrazione della legge della gravitazione universale e le applicazioni sue ai movimenti dei pianeti e delle comete. Pare che a quell'epoca la *Società Reale* fosse molto a corto di quattrini, per precedenti pubblicazioni che non avevano ottenuto il successo economico che essa se ne riprometteva. Così accadde che la *Società Reale* dovette adottare la seguente deliberazione circa i *Principia* di Newton: « si stabilisce che Halley debba intraprendere l'affare *(business)* di curare il libro e di stamparlo a sue proprie spese »: ed Halley s'impegnò di ciò fare. Egli non risparmiò cure e fatiche nell'attendere alla stampa dell'opera di Isacco Newton, che vide la luce nel maggio del 1687.

Sempre fondandosi sulla sfericità della terra, Keplero (1571-1630) propose per la ricerca del raggio di essa, un altro modo indipendente da qualsiasi osservazione astronomica, più semplice in apparenza, ma irto in pratica di gravi difficoltà. Esso fu adoperato da Riccioli (1598-1671) e Grimaldi fra Bologna e Modena, e da Klose nel 1833 fra Strasburg e Durlach in Germania, ma con risultati inattendibili. Altri metodi proposero Ghetaldi e Maurolico, che furono seguiti con piccole varianti da Belli, Giuntini, Casati, Clavio e Wright, come ebbero a dimostrare Pietro Riccardi, l'eminente storico della geodesia in Italia, e chi scrive queste pagine.

Colle scoperte di Newton s'introdusse nella scienza

il concetto che la Terra non potesse essere matematicamente sferica, ma dovesse essere rigonfia all'equatore e di poco schiacciata ai poli. Il nostro globo infatti, coperto in gran parte da acqua liquida, e animato da un moto di rotazione intorno al suo asse, non può per quella detta parte conservare la forma di una sfera: l'equilibrio del mare esige che esso prenda quell'altra forma. Newton poi riteneva giustamente che lo stato originariamente fluido, generalmente ammesso, della crosta terrestre attualmente solida, aveva dovuto incurvarla a guisa degli oceani. Nello sviluppare le ricerche relative a questa questione, egli si valse di supposizioni molto poco verosimili, ma che tuttavia gli fornirono un risultato vicinissimo al vero, col quale egli affermò che la terra s'assomiglia, astraendo dai particolari, nel suo complesso ad una ellissoide di rivoluzione attorno al suo asse minore. Poco dopo Newton, Huygens (1629-1695) dimostrò pure che la Terra deve essere schiacciata ai poli, e se i suoi risultati numerici differiscono alquanto da quelli di Newton, ciò è dovuto alle supposizioni sulla costituzione della Terra da lui adottate, ancora più lontane dal vero di quelle di Newton.

Nel 1672 l'Accademia di Parigi, mandò a Cajenna l'astronomo Richer (1640-1696), onde eseguisse certe osservazioni sopra Marte atte a far conoscere la distanza fra la Terra ed il Sole. Arrivato colà, Richer fu molto meravigliato nel vedere che un pendolo che egli aveva regolato a Parigi, ritardava di due minuti ed un quarto in un giorno, e fu obbligato, affinchè battesse esattamente i minuti secondi, di accorciarlo di una linea e un quarto (millimetri 2,82). Ritornato in Francia, Richer dovette ridonare al pendolo la primitiva lunghezza. Questo fatto che apparve singolare, fu poi confermato dalle osservazioni di Deshayes, Varin e Du Glos nella loro spedizione al Capo Verde, e di quella di Halley all'isola Santa Elena. Così ebbe dai fatti sanzione l'affermazione di Picard, il quale fin dal 1671, annunziava che un pendolo doveva oscillare sempre più lentamente man mano che esso veniva trasportato più vicino allo

equatore. Di questo nuovo fenomeno gli astronomi cercarono subito la causa, che Newton rivelò pel primo nei suoi *Principia*, e che oggi s'insegna in tutti i trattati di fisica e di meccanica, essere la figura ellissoidica della Terra ed il moto suo attorno al proprio asse, ossia in risultante, la diminuzione della gravità dai poli all'equatore.

Altra conseguenza della figura ellissoidica della Terra, si è la varia lunghezza dei gradi dei meridiani, alle diverse latitudini, gradi che sarebbero tutti egualmente lunghi solo se la Terra fosse una sfera perfetta. Noi ora sappiamo che i gradi aumentano di lunghezza, secondo una certa legge matematica, andando dall'equatore ai poli; ma non così presto si giunse a tale verità, che non fu generalmente riconosciuta se non dopo una vivace controversia che rimarrà famosa nella storia della scienza.

Malgrado i lavori di Newton e di Huygens e le osservazioni di Picard, La Hire, Richer e Halley sopra ricordate, l'Accademia di Parigi non volle abbandonare così presto la dottrina della sfericità rigorosa della terra. Giova inoltre ricordare qui che i risultati di talune misure istituite fino a quei giorni, sembravano contraddire alle vedute di Newton. Nel 1691 Eisenschmidt, medico a Strasburgo, dimostrò che le misure compiute fino allora, indicavano un accorciamento anzi che un allungamento dei gradi col crescere della latitudine, il che lo indusse ad asserire esser la Terra configurata come un'ellissoide allungatissima ai poli. La conclusione, a rigor di geometria, sembra giusta, tuttavia essa fu contestata con grande vivacità, per opera essenzialmente di Keil e Cassini I (1625-1712), che parteggiavano per la figura schiacciata ai poli, ed interpretando male osservazioni inesatte, deducevano la verità da falsi argomenti. Nel 1683 Colbert incaricò Cassini II (1677-1756) di misurare il meridiano di Parigi attraverso tutta la Francia. Nel 1718 questa grande operazione fu terminata, e si trovò che, contrariamente alla teoria di Newton, i gradi erano più lunghi verso il sud che verso il nord. Sbagliando strada ancora una volta, se ne volle dedurre lo schiacciamento polare terrestre.

Cassini e Fontenelle corressero l'errore di geometria e ricaddero nell'errore di fatto, mantenendosi fermi nell'idea dell'ellissoide allungata. Gli Inglesi, fedeli all'opinione del loro sommo compatriota, sostenevano strenuamente la teoria dello schiacciamento, con incomprensibile cocciutaggine combattuta dagli Accademici Parigini. A troncare la lunga disputa, si propose la misura di un arco di parallelo fra Saint-Malo e Strasburgo. Essa fu eseguita nel 1733 da Cassini: volle il caso che ne risultasse di nuovo la forma allungata della Terra. Gli Inglesi non si diedero per vinti, contendendo palmo a palmo il terreno ai loro contradittori del continente, e poichè con essi stava l'invincibile verità, trionfarono.

La notizia delle misure europee di gradi di meridiano e parallelo era stata dai missionari recata alle altre parti del mondo, e sembrò per un momento che l'interessamento per esse dovesse farsi vivo anche nell'estremo oriente dell'Asia. Nel 1702 in China, presso Pechino, per ordine dell'imperatore Gamby, s'iniziò una misura di grado, sotto la guida del gesuita padre Thomas, assistito da un principe chinese. Ma questo principio fu anche la fine della misura di gradi nel Celeste Impero.

All'Accademia di Parigi va attribuito il merito di aver dato impulso all'impresa geodetica più grandiosa per concepimento e più feconda di giusti risultati. Per consiglio del cardinale Fleury, che seppe sempre propiziare l'astronomia presso Luigi XV, re di Francia, questi ordinò che un'accolta di dotti si recasse al Perù al fine di misurare presso l'equatore un arco di meridiano. Componevano quella spedizione Pietro Bougueur (1698-1758), Carlo Maria de la Condamine (1700-1774), Luigi Godin (1704-1760) e due ufficiali della Marina spagnuola, Don Jorge Juan y Santacilia e Don Antonio de Ulloa; e due altri dotti francesi, J. de Jussieu e Couplet. Questi astronomi arrivarono nel 1735 al Perù e diedero tosto mano ai lavori con grandi cure e precauzioni. Malgrado le ingenti difficoltà del luogo, e benchè i lavori, per disaccordi fra i capi, fossero in massima parte eseguiti in doppio, quei dotti in sei anni misurarono un arco di

meridiano di 3° di ampiezza. I risultati di questa memorabile impresa sono ancora oggidì molto importanti. L'arco del Perù viene ora misurato una seconda volta a cura dei geodeti francesi ed avrà un'ampiezza di 6°, secondo il progetto dei signori Maurain e Lacombe, prolungando così l'antico arco di un grado verso nord e di due verso sud. I risultati di questa grande operazione avranno sugli studi geodetici, per la determinazione della figura e grandezza della Terra un'influenza capitale, poichè saranno i soli, e tali rimarranno per lungo tempo, che si avranno per le regioni equatoriali.

Era appena partita la spedizione del Perù, che se ne organizzò un'altra allo scopo di misurare un arco di meridiano nel nord dell'Europa. Di essa fu ispiratore ed uno dei capi Pietro Luigi Moreau de Maupertuis (1698-1759), che indusse Maurepas, ministro di Luigi XV, a farne le spese. Nel 1736 Maupertuis partì per la Lapponia, accompagnato da Clairaut (1713-1765), matematico insigne, il cui nome doveva per sempre rimanere gloriosamente nella storia dell'astronomia, Lemonnier, Camus e l'abate Outtier, abilissimo meccanico ed osservatore. Ad essi poi si aggiunse lo svedese Celsius, quello stesso al quale è dovuta la divisione della scala termometrica in gradi centesimali La dotta compagnia non perdette tempo ed operò fra Tornea e la montagna di Kittis, misurando una base d'operazione sul ghiaccio del fiume che presso Tornea sbocca nel Baltico. L'anno successivo Maupertuis era a Parigi ed annunziava che aveva trovato un grado molto più lungo di quello di Picard e quindi corrispondente ad un notevole schiacciamento terrestre. Questo venne poi anche confermato dalla grande triangolazione istituita in Francia da Cassini de Thury (Cassini III) (1714-1784) e Lacaille (1713-1762), a verifica del meridiano di Parigi: e finalmente in modo inoppugnabile dal confronto dei risultati del Perù con quelli di Francia e di Lapponia.

Nel secolo decimottavo s'istituirono in Europa varie altre misure d'archi di meridiano: diremo solo poche parole intorno a quelle eseguite in Italia, specie

perchè da esse s'incominciò a tener conto di talune circostanze avvertite, ma trascurate per lo innanzi, e che oggidì formano importante oggetto delle ricerche degli astronomi e dei geodeti.

Nelle ricerche intorno alla figura e grandezza della Terra, già lo avvertimmo, si ha di mira la ricerca di una forma ideale, facendo, per la natura stessa del problema, astrazione dai dettagli. Questi, però, esercitano non poca influenza sulle misure e sui risultati, in quanto essi vengono riferiti alla presupposta figura ideale. I dati di osservazione che noi raccogliamo colla misura, sono ben diversi da quelli che otterremmo, se potessimo operare sopra una terra ipotetica che avesse la figura dell'ellissoide schiacciata che di necessità è fondamento di tali indagini. L'eterogeneità della Terra e le rugosità e ondulazioni della sua superficie esterna sono causa di questo divario fra la teoria e la realtà. A cagione di queste circostanze, la *verticale fisica*, che è quella secondo la quale cadono nel vuoto i gravi liberi e per tempo brevissimo, e secondo la quale si dispone in un dato istante il filo a piombo, non coincide con la *verticale geodetica o normale*, che è perpendicolare a quella supposta ellissoide. A motivo di questa differenza, s'introduce coi dati dell'osservazione, nella determinazione di quella ellissoide, un errore del quale bisogna tener conto e che dicesi *deviazione della verticale* o *del filo a piombo*. E' evidente che l'attrazione delle montagne, isole, dei continenti; gli avallamenti, le depressioni, qualsiasi distacco insomma da quella ellissoide ideale della figura reale terrestre, producono una deviazione della verticale. Ora, secondo i luoghi, la verticale fisica si scosta diversamente da quella normale, alterando in vario modo le loro longitudini e latitudini teoriche. Gli archi di meridiano, l'ampiezza dei quali è data dalla differenza delle latitudini degli estremi, varieranno non solo, come già si disse, di lunghezza colla latitudine, ma per latitudini uguali, colla situazione topografica degli estremi medesimi, e la configurazione del suolo lungo il percorso dell'arco. Ciò sapevano benissimo gli astronomi del tempo di Boscovich (1711-1787), ma questi vi si

fermò pel primo, con idee di giustissima portata. Per ordine del papa Urbano XIV, i padri Maire e Boscovich della compagnia di Gesù, accingendosi a rilevare la carta degli Stati della Chiesa, misurarono negli anni 1751 e 1753, l'arco di due gradi che si stende fra Roma e Rimini. Il risultato di questa misura fu poco buono, al pari di quello della misura istituita da Riccioli (1598-1671) e Grimaldi a Bologna nel 1660, che condusse ad un valore del grado grossolanamente errato. Al fine di verificare le sue idee sull'attrazione delle montagne, Boscovich consigliò la misura di archi di meridiano in Piemonte, Austria Ungheria e Pensylvania in America. Il primo di questi archi, quello del meridiano di Torino, fu misurato nel biennio 1762-1764, dal padre Beccaria (1716-1781), applicando il metodo delle triangolazioni di Snellio, quando era già accettata la teoria di Huygens e Newton della figura ellissoidica schiacciata del nostro globo. Da questa operazione risultò fra l'ampiezza osservata dell'arco, e quella dedotta dalla misura e dalla triangolazione, una differenza di 34". Plana e Carlini (1783-1862), ripetendo nel 1821 l'operazione di Beccaria, trovarono 48", anomalia veramente notevole.

In sul finire del secolo decimottavo, si presentò in Francia e si attuò la grandiosa idea della unificazione dei pesi e misure, scegliendone l'unità fondamentale di lunghezza nella natura. Su proposta di una commissione, nominata dall'Assemblea Nazionale e composta di Borda, Condorcet, Laplace, Lagrange e Monge, nel marzo 1791 fu stabilito che il *metro* — unità base delle lunghezze — dovesse essere la decimilionesima parte del quarto del meridiano terrestre passante per un punto fisso dell'osservatorio di Parigi. Delambre (1749-1822) e Méchain (1744-1804) vennero nel 1792 incaricati di eseguire quella misura; ed essi adempirono il difficile mandato loro affidato fra il rombar del cannone e la tormenta rivoluzionaria, in mezzo a pericoli e difficoltà d'ogni maniera e con immenso amore e vantaggio della scienza. L'esposizione dei metodi impiegati in quella grandiosa operazione fu fatta da Delambre in un lavoro

pubblicato nel 1799 e nella sua grande opera in 3 volumi intitolata *Base du système métrique décimal* (1806-07-10). A prova di veridicità, egli depositò al *Bureau des Longitudes* tutti i registri d'osservazione e tutti gl'istrumenti che egli e Méchain avevano adoperati. Ma prima ancora che fossero finiti quei grandi lavori, in base ad un confronto di essi coll'arco del Perù, si ottenne per la distanza dal polo all'equatore, misurata lungo il meridiano ellittico, 5.130.740 tese del Perù: la tesa del Perù era l'unità materiale di lunghezza che aveva servito alla misura dell'arco del Perù e di Delambre e Méchain. La decimilionesima parte di codesto quarto del meridiano terrestre, cioè 3 piedi 11.296 linee, si assunse come lunghezza definitiva del metro per legge del 19 Brumaire anno VIII (10 dicembre 1799), e fu resa legale a partire dal 23 settembre 1801, con decreto del 4 novembre 1800 e con quello poi del 4 luglio 1837. Il campione di platino di questo metro fu presentato all'Assemblea Nazionale in Parigi il 22 luglio 1799. Nel giorno medesimo il campione del metro fu depositato assieme a quello del chilogramma all'Archivio di Stato in Parigi. A queste operazioni parteciparono sei italiani: Luigi Lagrange, l'abate Lorenzo Mascheroni, l'autore della *Geometria del Compasso*, bergamasco, inviato dalla repubblica cisalpina; Giovanni Fabbroni, fiorentino, inviato di Toscana; Multedo di Liguria; Prospero Balbo, sostituito poi da Vassalli Eandi, fisico e meteorologo, piemontesi, rappresentanti il re di Sardegna. Qui finisce la parte dell'istoria del metro che concerne l'astronomia; il seguito può leggersi nei libri di metrologia. A noi occorre continuare per poco l'istoria delle determinazioni geodetiche ed astronomiche della forma e grandezza della Terra.

Biot ed Arago, in sul principio del secolo decimonono, ripeterono le operazioni di Delambre e Méchain; ma il loro risultato fu inquinato da un grave errore, scoperto dal geodeta francese Puissant. Coll'arco francese così corretto, il grande astronomo tedesco Bessel (1841) ripetè un computo che egli aveva già istituito prima che Puissant scoprisse il detto errore;

e giunse a dimensioni dell'ellissoide terrestre che sono oggi ancora le più in uso. Da esse risultò che il metro depositato agli Archivi di Parigi, e che è tuttora la base del sistema metrico decimale, non è esattamente la decimilionesima parte del quarto del meridiano terrestre, ma ne differisce di 0,0856 millimetri, che dicesi *l'errore del metro.* Giunti così ai giorni nostri, ne occorrerebbe introdurre nuovi concetti che si fondano sopra cognizioni superiori a quelle presupposte nei lettori di questo libretto popolare; dobbiamo quindi fermarci (1), non senza aggiungere poche notizie prettamente storiche.

Nel secolo decimonono furono misurati molti e lunghi archi di meridiano e di parallelo; le principali operazioni di tal fatta sono le seguenti:

Arco anglo-francese lungo 28° da Laghonat (32° N) alle Shetland (60° N).

Arco russo lungo 25° dal Danubio (45° N) all'Oceano Glaciale (70° N).

Arco indiano lungo 24° tra le latitudini settentrionali 8° e 32°.

Arco americano dell'Atlantico tra le latitudini settentrionali 32° e 45° circa: arco americano del Pacifico tra le latitudini 30° e 40° circa.

Nel 1812, per accordi fra i Governi d'Austria, Francia e Piemonte s'iniziò una misura di arco di parallelo medio (45° di latitudine N) che si estese in longitudine per quasi 13° dal segnale di Ferlanderie presso Saintes in Francia alla torre di Santa Giustina in Padova, con stazioni sugli osservatori di

---

(1) Il lettore italiano che avesse vaghezza di più ampia informazione al riguardo, potrà consultare gli scritti seguenti di Ottavio Zanotti Bianco: *Il metro, il chilogramma, il minuto secondo*, nel libro *In Cielo*, Torino, Bocca, 1897. — *La forma e la grandezza della Terra* nel libro *Istoria di mondi*, Torino, Bocca, 1903. — *Il metro ed il minuto secondo nella geofisica moderna*, Torino, Stabilimento tipografico Torinese, 1906; e per la parte teorica e matematica gli scritti del medesimo autore registrati di contro al frontispizio della presente pubblicazione, nonchè le opere italiane di Schiavoni, Pucci, Pizzetti.

Torino (antico, Torre dell'Accademia delle Scienze), Milano (Brera) e sul Moncenisio. Nel 1856 è misurato in Inghilterra un arco di parallelo sotto la direzione di Airy. Ma fra le misure di archi di parallelo la più grandiosa è quella del parallelo di 52° di latitudine N, iniziata da Guglielmo Struve ed eseguita sotto la sua direzione attraverso l'Impero Russo. Questa operazione geodetica diede origine al primo progetto di una unione degli Stati europei per il compimento di un grande lavoro geodetico d'insieme. Altro grande lavoro geodetico è quello della misura di arco di parallelo indiano che attraversa l'Hindostan alla latitudine di 24° N. Nell'emisfero sud non vi è che un arco di 7° in latitudine nella Colonia del Capo. La nuova misura dell'arco del Perù che la Francia fa eseguire dagli ufficiali del suo esercito, colma quindi una grande lacuna da tanto tempo lamentata nella geodesia, e renderà possibile un più completo studio della figura della Terra. Una spedizione russo-svedese ha, in questi ultimi anni, misurato un arco di meridiano di 5° allo Spitzberg.

Verso il 1861 il generale prussiano Baeyer dimostrò in un opuscolo che rimarrà celebre nella storia della geodesia, l'utilità o, meglio, la necessità di un accordo fra i vari Stati del mondo per lo studio di tutte le questioni relative alla grandezza e forma della Terra. Quella autorevole voce non suonò invano, e dal terreno preparato nacque l'*Associazione per la misura del grado in Europa*, che oggi chiamasi *Associazione geodetica internazionale*. Questa associazione, composta di delegati di quasi tutti i paesi civili del mondo, si riunisce ogni tre anni in luoghi scelti di volta in volta: essa ha in Potsdam il suo ufficio centrale del quale è direttore F. R. Helmert, il principe dei geodeti viventi. In Italia si occupano delle questioni di geodesia ed inerenti alla carta del paese una Commissione Geodetica, della quale è in oggi presidente il senatore Giovanni Celoria, e l'Istituto geografico militare che ha sede in Firenze.

Mercè il progresso della fisica ed il conseguente perfezionamento degli strumenti, dei meccanismi e degli apparecchi per la misura degli angoli, delle

distanze e del tempo, e l'invenzione per opera di Legendre e di Gauss del metodo dei *minimi quadrati* pel computo e la compensazione delle osservazioni, le operazioni ed i calcoli geodetici hanno oggidì raggiunto un notevolissimo grado di rigore e di esattezza. Applicando il metodo dei minimi quadrati alle misure di archi esistenti e man mano compiute, e partendo dalla supposizione, d'altronde vicinissima alla realtà, che la figura matematica della Terra sia quella di una ellissoide di rivoluzione schiacciata ai poli, furono calcolate molte volte le dimensioni di essa, per non rammentare che i più celebri, da Airy, Bessel, Bonsdorff, Bowditch, Brunnow, Clarke, per ben cinque volte, Encke, Faye, Fergola, Fisher, James, Laplace, Listing, Paucker, Pratt, Puissant, Schmidt, Schubert, e più recentemente Harkness ed Helmert. Gli elementi dell'ellissoide terrestre più in uso sono quelli di Bessel (1841) e di Clarke (1880).

La forma (non le dimensioni) della Terra nella ipotesi sopradetta, si determina anche misurando il valore della gravità in molti luoghi terrestri, a mezzo di un celebre teorema di Clairaut e pure applicando il metodo dei minimi quadrati. Anche questi calcoli furono eseguiti molte volte: il lavoro più completo al riguardo è quello compilato da Helmert nel 1901. In Italia istituirono negli ultimi anni misure assolute e relative della gravità, Lorenzoni, Pucci e Pisati, Reina, Riccò, Venturi, Aimonetti, Guarducci, Alessio, Oddone ed altri.

Nomineremo unicamente una grande ricerca che da circa quarant'anni si sta istituendo dai geodeti, ed è quella che ha per iscopo di riconoscere, se le latitudini dei luoghi terrestri siano costanti oppure non, come farebbe credere la teoria dei movimenti di un corpo deformabile e deformantesi qual è la Terra. Pare accertato che le latitudini variino continuamente, benchè di minime quantità, e forse periodicamente. Gli italiani Nobili, Fergola, Schiaparelli, Volterra, hanno dato importanti contribuzioni a quelle ricerche, per le quali esiste a Carloforte, nell'isola di San Pietro (Sardegna), uno speciale osservatorio, ove, come in altre stazioni dell'estero, si misura in ogni notte serena, e con tutta la precisione oggi raggiungibile, la latitudine.

2. — Posizione della Terra nell'universo e sua distanza dal Sole.

A cagione dell'indole e dei limiti imposti a questo libretto, non possiamo dedicare che poche parole all'astronomia delle antichissime nazioni orientali. Circa le opinioni intorno alla posizione della Terra nel mondo, in corso presso quelle nazioni, nulla sappiamo: ma il complesso delle loro idee cosmogoniche, autorizza a pensare che esse, pur sotto le forme varie e fantastiche che le assegnavano, ponessero la Terra al centro del mondo medesimo. Che anzi in quel centro ponessero il paese in cui vivevano: gli Egiziani l'Egitto: gli Ebrei Gerusalemme.

Colla scuola pitagorica, fattasi strada la nozione giusta della sfericità della Terra, questa venne considerata immobile e fissa al centro del mondo: intorno ad essa s'immaginò si muovessero gli astri, come diremo a suo luogo. Alla fine del quinto secolo prima dell'êra cristiana, Filolao che dimorava a Tebe in Beozia, pose al centro del mondo non più la Terra, ma entro questa, un corpo separato, il fuoco centrale di Hestia de' suoi predecessori pitagorici; ed immagina un nuovo pianeta al quale dà il nome di Antichthone, a sostituire quelle regioni terrestri, che i predecessori designavano col nome di *antipodi*. Il fuoco centrale e l'Antichthone si sottraggono a tutte le nostre osservazioni dirette. Platone sostenne l'immobilità della Terra al centro del mondo, riattaccandola ad una sua ipotesi sulla costituzione e sulle proprietà della materia. Adottata poi da tutti quasi i filosofi ed astronomi dell'antichità e del medio evo, la posizione centrale della Terra, fu accettata come base di tutta l'astronomia fin verso il principio dell'evo moderno: appoggiata alla potente autorità di Aristotele. Un geometra ed astronomo di molto talento, Aristarco da Samo, ispirandosi alle idee di Eraclide Pontico, osò spostare la Terra dal suo luogo al

centro del mondo, e porre il Sole al posto di essa, originando così il sistema eliocentrico (*il sole nel centro*) del mondo, che a quanto racconta Archimede, quegli riguardava non solo come un'idea teorica utile ai matematici, ma come una supposizione fisica corrispondente alla realtà. L'idea di Aristarco, ripresa e ritrovata più tardi da Copernico, era nata precocemente; i tempi non erano maturi per il suo accoglimento: e la Terra, dopo quel tentativo geniale, ma fallito, riprese il suo posto e continuò a starvi fino a Copernico, come vedremo: restando così cardine dei grandi lavori d'Ipparco, Tolomeo e dei loro continuatori.

Quanto alla distanza della Terra dal Sole, si registrano prima di Aristotele, degli apprezzamenti più o meno mistici; ma con lui cominciano le savie indagini intorno a quella: con esse si legano i nomi di Archimede, che attinse forse da Aristarco, che seguì Eudosso, di Ipparco, che immaginò un metodo per determinare le distanze del Sole e della Luna dalla Terra, che per 1600 anni fu poi tenuto sempre dagli astronomi. I risultati ottenuti da Ipparco non sono identici in Tolomeo, Cleomede e Teone, il quale ci dà per distanza della Terra dal Sole 2550 raggi terrestri, e dalla Luna, poco più di 60 raggi terrestri, che è quella adottata anche oggidì: quella del Sole sarebbe circa dieci volte minore di quella che oggi si ritiene più prossima al vero, che è di 23.439 raggi terrestri. Tolomeo adottò un valore di 1210 raggi terrestri, cioè lontano di più di venti volte dal valore più attendibile, e che ciò malgrado, fu accettato senza discussione dagli astronomi per più di 1500 anni. Circa la distanza della Terra dal Sole, nessun progresso si fece per quel lungo lasso di tempo, cioè fino a che Keplero (1571-1630) enunciando le sue leggi regolatrici del moto dei pianeti attorno al Sole, dimostrò una relazione fra le distanze medie di quelle da questo. Apparve allora manifesto che se la distanza di Marte, ad esempio, potesse venir determinata, quella del Sole ne sarebbe subito seguìta: e dalle osservazioni di Tycho Brahe (1546-1601) Keplero dedusse che l'intervallo che separa il centro della Terra da quello del Sole non poteva essere minore del triplo della distanza data da

Tolomeo, rimanendo ancora molto lontano dal vero. Grandi miglioramenti si ottennero nella conoscenza dell'unità fondamentale delle lunghezze in astronomia, coll'invenzione del cannocchiale. Cassini propose all'Accademia di Parigi, ed essa accettò, di fare eseguire osservazioni di posizione, rispetto alle stelle, del pianeta Marte, in due luoghi distanti della Terra: Parigi e Cajenna. A questo luogo fu inviato l'astronomo Richer, come già vedemmo. Ciò che si cercava con quelle osservazioni non era però direttamente la distanza di Marte, ma bensì l'angolo sotto il quale era visto da Marte il raggio terrestre. Gli istrumenti dei quali disponevano gli astronomi di quel tempo, non permettevano di misurare esattamente quell'angolo che è piccolissimo: ma i risultati che se ne ottennero, permisero a Cassini di dedurre per la distanza della Terra dal Sole un valore di circa 128.000.000 di chilometri molto più vicino al vero.

Il grande astronomo inglese Halley, propose a sua volta di determinare la distanza della Terra dal Sole, osservando da punti diversi del globo la durata dei passaggi del pianeta Venere davanti al disco del Sole; durate che sono diverse nei diversi luoghi della Terra. L'astronomo Delisle (1688-1763) propose qualche modificazione, e quei procedimenti furono applicati nei passaggi di Venere avvenuti nel 1761 e 1769, e dopo con notevoli perfezionamenti in quelli degli anni 1874 e 1882; ma fenomeni ottici rendono le osservazioni assai incerte, e quindi in oggi ad essi si preferiscono altri metodi molto più precisi.

Un altro metodo per la determinazione della distanza della Terra dal Sole è quello immaginato dall'astronomo danese Römer (1644-1710). Nel 1676, Römer era a Parigi e da certe sue determinazioni sui satelliti di Giove, egli fu indotto a pensare, che la luce si propaga successivamente, con una velocità grandissima, e che essa impiega da 7 ad 8 minuti a percorrere l'intervallo fra il Sole e la Terra. La sua teoria era contraria alle idee che avevano corso al suo tempo, e non giunse a farla accogliere che con somma difficoltà, poichè era combattuta da Domenico Cassini, il quale pure aveva avuto, ma poi abbandonata, l'idea del movi-

mento di propagazione della luce. La velocità della luce fu poi determinata posteriormente con esperimenti esclusivamente terrestri da Fizeau nel 1849, Foucault nel 1862, Cornù nel 1874, Michelson 1879, e con vari metodi da Newcomb nel 1882, Perrotin nel 1904 e Forbes: essa è assai approssimativamente di 300.000 chilometri al minuto secondo di tempo solare medio. Halm ottenne, con osservazioni spettroscopiche al Capo di Buona Speranza, un assai buon valore della distanza solare. Ma il miglior metodo oggi conosciuto è quello che ha per base osservazioni visuali e determinazioni fotografiche delle posizioni del pianetino Eros, che in date circostanze si avvicina molto alla Terra. Questo asteroide fu scoperto a Berlino nel 1898 dal sig. Witte, all'osservatorio Urania di una Società astronomica tedesca, e dalle sue osservazioni fu ricavato il più esatto valore della distanza solare oggi nota, che è di 149.501.000 chilometri, corrispondente ad una parallasse di 8",80.

3. — I movimenti della Terra prima di Copernico.

Movimento di rotazione della Terra sopra sè stessa, ossia intorno ad un asse ideale passante pel suo centro. Il movimento diurno che gli astri tutti compiono apparentemente in cielo nelle ventiquattro ore come un tutto, si può spiegare in due modi: 1° che tutto il cielo cogli astri sia animato da un movimento da oriente ad occidente, che dà origine ai fenomeni del levare e del tramontare di essi; 2° che la Terra ruoti sopra sè stessa da occidente ad oriente. La prima spiegazione richiede condizioni che urtano il senso comune, pur tuttavia si mantenne alquanto tempo nelle cognizioni astronomiche; la scuola pitagorica primamente, respingendola come assurda, propose la seconda: ciò risulta da affermazioni di Aristotele (384-322 a. C.), Cicerone, Plutarco (50-129) che ne attribuisce l'idea

ad Eraclide da Ponto ad Ecfanto ed a Niceta. Quanto a Platone, pare non professasse sulla rotazione della Terra le idee dei pitagorici; ma la facesse immobile al centro del mondo; però i passi del *Timeo* al riguardo sono poco chiari. Secondo Teofrasto, citato da Plutarco, Platone (429-347 a. C.) avrebbe nella sua estrema vecchiaia, cangiato d'opinione adottando la rotazione della Terra: opinione tenuta pure da Aristarco da Samo (circa 280 a. C.), e dall'indiano Aryabhatta, forse influenzato questi da' suoi predecessori greci. Da Origene (186-253) e Tomaso d'Aquino (1226-1274) si ricava che prima di loro, la rotazione della Terra era stata affermata, e che contro di essa si pronunziarono spesso gli astronomi arabi. Questi seguivano gli insegnamenti di Claudio Tolomeo (2° secolo dell'êra cristiana) e de' suoi antecessori della scuola di Alessandria: Tolomeo, pur riconoscendo che l'ipotesi della rotazione spiegava semplicemente le apparenze del moto diurno, la diceva apertamente un'invenzione ridicola. Egli consacrò nel suo famoso trattato d'astronomia l'*Almagesto* un intiero capitolo a dimostrare che la Terra immobile al centro dell'universo, non è che un punto di questo: ma la rotazione non la voleva. Sull'autorità di Aristotele e di Tolomeo, i teologi di tutte le religioni, si opposero energicamente all'accoglimento della sana dottrina della rotazione terrestre, la quale a malapena procedeva lentissimamente. Ancora nel secolo decimosesto uomini quali Tycho Brahe la negavano, ed adducevano fra le altre questa puerile ragione che l'uccello volante non avrebbe più potuto ritrovare il suo nido, che gli sfuggiva velocemente di sotto. E si badi, ciò dopo che Copernico (1473-1543) aveva incontestabilmente dimostrata quella grande verità, come vedremo in disteso fra breve.

Moto della Terra di traslazione o di rivoluzione attorno al Sole. Per non ripeterci, diremo di questo moto esponendo i sistemi astronomici dei filosofi ed astronomi, che ci condurranno naturalmente al moto di traslazione della Terra.

4. — I sistemi astronomici anteriori a Copernico.

Tralasciamo dei sistemi delle nazioni orientali, intorno ai quali non si hanno che congetture o dotte dissertazioni, l'esame delle quali non può trovar posto in un libretto popolare, e veniamo senz'altro ai Greci: dei quali esporremo rapidamente le cognizioni astronomiche generali. Le informazioni che possediamo sull'antica astronomia greca, ci provengono da Erodoto (circa il 500 a. G. C.), che raccolse e ci conservò le tradizioni. Talete da Mileto è generalmente chiamato il fondatore dell'astronomia greca (639-546? a. G. C.), e ciò essenzialmente a motivo della predizione di un'eclisse, che pose fine ad una battaglia tra i Medi ed i Lidi, terrorizzando i due eserciti combattenti: prova questa evidente della paura che quei semplici fenomeni celesti incutevano allora alle genti. Varie date furono assegnate a quell'eclisse; la quale però, probabilmente avvenne il 10 settembre 610 a. G. C. — Vuolsi, ma non è certo, che Talete conoscesse la causa delle eclissi: ma egli certo aveva un sistema cosmogonico molto strano, facendo galleggiare la Terra foggiata a disco piatto sull'acqua, le cui agitazioni producevano i terremoti. Il secondo filosofo della scuola ionica, Anassimandro (611-545 a. C.), non mutò molto le idee del primo, benchè al dire di Erodoto, egli costruisse una carta del mondo allora nota; molto errata però, secondo quegli. Il terzo filosofo della scuola ionica fu Anassimene da Mileto, che asseriva le stelle essere infisse come chiodi nella volta celeste che è di solido cristallo, idea d'altronde comune e durevole: in complesso l'astronomia non deve molto alla scuola ionica. Forse anche meno deve al fondatore della scuola eleatica, Xenofane da Colofone (600-530 a. C.); più a Parmenide (460 a. C.), e lo vedemmo: sorvolando ora, per ristrettezza di spazio, su molti altri filosofi,

fisici più che astronomi, sapienti greci, veniamo a Pitagora ed alla sua scuola.

Pitagora nacque l'anno 590 a. C. a Samo: fu il primo fra i sapienti d'origine greca, che abbandonò il nome di savio per chiamarsi *filosofo*, amico del sapere. Aveva studiato sotto Ferecide, discepolo di Pittaco, ma non appare che da questi due egli ripetesse alcuna delle proprie cognizioni fisico-matematiche. Viaggiò in Egitto ed in Oriente, donde tornò, regnando in Roma il secondo Tarquinio, e, trovata Samo sua patria in balìa del tiranno Policrate, esulò volontariamente in Italia, e prese dimora a Crotone, ove fondò la sua famosa scuola. Ignoransi l'anno ed il luogo di sua morte, che si ritiene però avvenisse intorno al 500 a. C. — Pitagora non lasciò scritti, e vuolsi che i suoi discepoli giurassero di mantenere il segreto sui suoi insegnamenti. Riassumiamo brevemente quanto si sa dei sistemi della scuola pitagorica (1). L'idea fondamentale della filosofia pitagorica è che il numero è tutto, e che il numero non rappresenta puramente le relazioni dei fenomeni fra loro, ma è l'essenza delle cose, la causa d'ogni fenomeno naturale. Pitagora era un grande matematico, il che spiega il suo concetto del numero, e scoprì, dicesi, che l'armonia musicale dipende da intervalli regolari dei suoni, che egli determinò: e partendo da ciò, vuolsi che egli assimilasse le distanze dei pianeti, a lui noti, dalla Terra, a corde vibranti di lunghezze differenti. Più inverosimilmente egli suppose che fra quelle distanze esistessero dei rapporti musicali: ad ogni modo egli attribuì dei suoni a ciascun astro. Vuole ancora la leggenda, che egli solo fra i mortali udisse quella musica celeste. I suoni che vi s'accordavano erano le sette note della scala diatonica antica, prodotte dalle rivoluzioni attorno alla Terra dei sette astri erranti, Sole, Luna, Mercurio, Venere, Marte, Giove, Saturno: a questi

---

(1) C'indugiamo alquanto su Pitagora e la sua scuola, ritenendo necessario che in un libro di coltura generale, l'*armonia delle sfere*, in quella insegnata, che tanta influenza ebbe sulla poesia e sulla musica, sia sufficientemente trattata.

s'univa un ottavo suono *incomparabile* prodotto dalla rivoluzione dell'intiero cielo. In questo concerto la sola Terra è senza voce, poichè fissa al centro del mondo. Ritenendo poi i pitagorici, osserva Aristotele, essere il dieci il numero perfetto, quale somma dei primi quattro, essi dicevano che dovevano nell'universo esistere dieci corpi mobili, e poichè comprendendo anche la Terra, solo nove sono visibili, così essi immaginarono l'*antiterra* (*anticton*) a formare il dieci. E' noto come Aristotele non apprezzasse per nulla le mistiche speculazioni dei pitagorici.

Si attribuisce a Pitagora ed alla sua scuola, che durò circa un secolo dopo di lui, la constatazione che la stella *Fosforo* (*stella del mattino*) ed *Espero* (*stella della sera*) non sono che un unico e medesimo astro, *Venere fulgidissima;* ed anche che la Luna non risplende che come uno specchio per la luce riflessa. Teone da Smirne (370 a. C.) afferma che Pitagora fu il primo ad avvertire che i pianeti si muovono in orbite distinte inclinate all'equatore celeste: di guisa che secondo la scuola pitagorica il moto dei pianeti si componeva di due movimenti, uno comune con tutta la sfera stellata, l'altro peculiare di ciascuno. Ciascun pianeta era portato da una sfera propria e su questa si muoveva, mentre tutte queste sfere avevano in comune colla sfera delle stelle, quel moto di rotazione attorno ad un asse passante per il centro della Terra, che produce il movimento diurno. I movimenti di queste sfere producevano la musica e l'armonia delle sfere, che gli orecchi dei comuni mortali non udivano o meglio non avvertivano, essendovi avvezzi fin dalla nascita. Aezio dice che Pitagora fu il primo a scoprire l'inclinazione dello zodiaco sull'equatore; ma Enopide da Chio (500-430 a. C.) reclamò per sè quella scoperta. E questa assieme alla sfericità della Terra, sarebbe il contributo essenziale e ragguardevole della scuola pitagorica all'astronomia.

Dante, che in tutto il suo poema si attenne alla filosofia di Aristotele, sembra, secondo pensano alcuni, essersene staccato nel verso 80 del canto I del Paradiso: *Con l'armonia che temperi e discerni*, per alludere all'armonia delle sfere secondo Pitagora e Platone, seguendo Cicerone nel *Somonium Scipinis*: ma l'inter-

pretazione è controversa e contestata. Shakespeare allude all'armonia delle sfere nella scena I dell'atto V del *Merchant of Venise.*

Platone seguì largamente le idee pitagoriche, ed accettando la sfericità e l'immobilità della Terra, faceva ruotare intorno ad essa la sfera portante le stelle fisse, così dette perchè non appaiono mutar di posizione l'una rispetto all'altra. Alcuni passi del famoso *Timeo*, molto discussi e variamente interpretati, potrebbero far credere che Platone ammettesse la rotazione della Terra sopra sè stessa: così qualcuno volle vedere nel grande filosofo attico un precursore di Copernico; questi, però, sono sforzi d'interpretazione, non assodati nè concludenti. Certo è che i libri e i dialoghi di Platone, coi loro concetti mistici dell'*anima del mondo*, e che fanno degli astri altrettante divinità, attraenti e poetici quali sono, valsero a diffondere largamente le idee pitagoriche. Il sistema del mondo immaginato da Platone, non ha per nulla l'impronta nè geometrica nè dell'osservazione; e la Necessità e le sue tre figlie, che di bianco vestite, col fuso filando cantano, in sul ritmo delle Sirene, Lachesi il passato, Cloto il presente, ed Atropo il futuro, lo attestano. Alcuni hanno voluto ravvisare in certi periodi di lunga durata in capo ai quali i pianeti si ritroverebbero nelle medesime posizioni, un accenno alla precessione degli equinozii, della quale diremo in appresso; ma ciò non può essere, poichè Platone ignorava la precessione degli equinozii, scoperta dopo di lui da Ipparco: ciò malgrado, al periodo di circa 26.000 anni connesso colla precessione rimase il nome di *grande anno platonico.*

Uno scolaro di Platone, Eudosso di Gnido nell'Asia Minore (408-355 a. C.), si rese celebre per il primo sistema del mondo, veramente scientifico e geometrico che sia registrato dall'istoria dell'astronomia, e che perfezionato leggermente da Callippo, porta il nome di *sistema delle sfere omocentriche.* Esso sistema spiegava i movimenti degli astri, immaginandoli portati da sfere aventi tutte il centro nel centro della Terra e ruotanti con varie velocità e direzioni intorno ad assi, le cui estremità o poli giacevano su altre sfere concentriche con quelle, e pure variamente mosse. Con questo

ingegnoso, ma complicato sistema si spiegavano molti dei fatti osservati nei movimenti dei pianeti. Il sistema di Eudosso e Callippo fu obliterato da quelli di Ipparco e Tolomeo, ma esso, come dimostrò Giovanni Schiaparelli, rimane un magnifico lavoro geniale e rigorosamente geometrico; tanto che si può dire che con quello incominci la vera astronomia scientifica.

Il sistema delle sfere omocentriche fu interamente accettato da Aristotele (384-322 a. G. C.), l'ultimo grande filosofo speculativo che figuri nell'istoria dell'antica astronomia. Noi c'indugeremo alquanto a riassumere le dottrine di Aristotele sugli astri, perchè esse hanno avuto corso fino in tempi a noi molto vicini.

Il mondo è unico, e poichè il vuoto non esiste, secondo Aristotele, tutto deve essere contiguo o continuo: il mondo è sferico, finito e senza movimento di traslazione, eterno ed immutabile. Il cielo è sempre stato e sempre sarà qual è; l'immutabilità dei cieli è verità inconcussa. Il mondo terrestre non ha la medesima fissità: esso, all'opposto del cielo, è il dominio del cambiamento e quindi della morte. La Terra è immobile in mezzo al tutto. Gli astri sono tondi e formati di etere, infissi come rubini entro sfere di etere, che sono in movimento e producono tutti i movimenti che si osservano in quelli. Il calore proviene dal fregamento che gli astri esercitano sulla porzione più eccelsa del mondo sublunare: la generazione ha per causa immediata il calore, e la corruzione il freddo. Se il calore non procedesse che dal fregamento degli astri coll'aria, esso non s'avvicenderebbe mai col freddo, e perciò quindi ancora la generazione non s'alternerebbe più colla corruzione: alla causa quindi che genera il calore bisogna accoppiarne un'altra che la faccia variare. Questa causa è il movimento obliquo del Sole, quello che esso compie in un anno lungo l'eclittica. A misura che questo astro s'avanza attraverso ai segni dello zodiaco, le parti della Terra alle quali esso viene accostandosi si riscaldano, e quelle dalle quali si allontana, si raffreddano: da ciò la vicenda eterna delle stagioni, le agonie e le risurrezioni della natura.

Il sistema aristotelico del mondo separa con un taglio netto i cieli, regno dell'ordine immutabile e del movimento circolare perfetto, incorruttibili, dallo spazio sotto la sfera della Luna, mondo sublunare, che è il regno dell'instabile e del mutabile e del movimento rettilineo.

Il mondo sublunare è occupato dai quattro elementi, terra più vicina al centro, indi acqua, più in alto l'aria, a tutti sovrastante il fuoco. Nelle sfere celesti non vi è fuoco: esso predomina nella parte superiore dell'atmosfera, come l'aria in quella inferiore: la materia eterea delle sfere celesti è incomparabilmente più pura dei quattro elementi, ed il movimento circolare le è naturale. Nella parte superiore dell'atmosfera si producono le stelle cadenti e le meteore, che sono prodotti di evaporazione caldi e secchi, che inalzandosi nei più eccelsi strati dell'atmosfera, sono trascinati nella sua rotazione e bruciano: l'aurora è cagionata da un procedimento analogo. Le comete non sono corpi celesti, ma esalazioni secche e calde, analoghe a quelle che producono le stelle cadenti e l'aurora: quelle esalazioni sollevate fino alla porzione più eccelsa ed ardente dell'atmosfera, che partecipa alla rotazione diurna del cielo da Est ad Ovest, vi si incendiano sotto l'influenza del Sole, e bruciando ci appaiono quali comete, le quali durano finchè quelle esalazioni non siano esaurite. Un fenomeno analogo è la Via Lattea.

Tale, per sommi capi, il concetto aristotelico, del mondo, che signoreggiò fin verso il 1600. Il primo e formidabile colpo gli venne da Tycho Brahe, il quale dimostrò che le comete sono molto più distanti della Luna, la cui orbita era pur sempre riguardata come il limite del mondo degli elementi. Le sfere eteree erano spezzate; l'immutabilità, l'incorruttibilità dei cieli poste più che in dubbio: le prime dovevano ben presto cadere in frantumi, le seconde passare al posto loro dovuto di sogni e fantasticherie.

Scuola di Alessandria. Siamo ora giunti ad una epoca memorabile nella storia della scienza. Allorchè alla morte di Alessandro Magno (323 a. G. C.), l'impero di lui fu diviso fra i suoi capitani, l'Egitto toccò

a Tolomeo Lago, principe, il cui amore per la scienza e la protezione che accordava a quanti la coltivavano, attrassero ben presto alla sua capitale, Alessandria, i più eletti spiriti della Grecia e di altre contrade. Suo figlio Tolomeo Filadelfo, col trono ne ereditò le qualità, e si diede con zelo a compiere quanto il suo genitore aveva iniziato. Il museo, vasto edifizio attinente al palazzo del re, conteneva la più ricca delle biblioteche di quel tempo ed un osservatorio modello: colà accorrevano gli uomini ad istruirsi alle lezioni di Aristillo, Timocari, Dionisio, Aristarco da Samo, Eratostene, Ipparco (?), Tolomeo, ecc., del matematico Euclide (323-283 a. C.), che ispirò il sommo Archimede (287-212 a. C.).

I limiti fissati a questo libretto c'impongono di sorvolare su molti e valorosi astronomi; ricorderemo in questo capitolo solo quei pochi che contribuirono direttamente od indirettamente ad accrescere le nostre cognizioni intorno ai sistemi astronomici. Giova rammentare che colla scuola d'Alessandria s'iniziò dai dotti greci l'osservazione sistematica degli astri. Aristillo e Timocari (che vissero ai tempi di Euclide) eressero istrumenti e fissarono le posizioni delle stelle zodiacali: Eratostene inventò la sfera armillare, a mezzo della quale si possono determinare le posizioni dei corpi celesti, riferite sia all'orizzonte sia all'equatore sia all'eclittica. Aristarco da Samo oltre le misure della distanza della Terra dal Sole e dalla Luna, fece rivivere i concetti di Eraclide Pontico sul sistema del mondo. Eratostene oltre la misura della Terra già ricordata, eseguì la determinazione dell'obliquità dell'eclittica.

Qui dobbiamo discorrere del massimo fra gli antichi astronomi e grandissimo fra quelli vissuti fino ad oggi: Ipparco, che risplendette verso la metà del secondo secolo a. C. — Non esiste prova che egli abbia appartenuto alla scuola di Alessandria, benchè forse abbia visitato quella capitale e vi abbia eseguito delle osservazioni. Ipparco risolvette il problema proposto da Platone di spiegare i movimenti osservati del Sole, della Luna e dei pianeti mediante movimenti circolari uniformi. Egli a spiegare i movi-

menti del Sole, immaginò che la Terra non fosse al centro dell'orbita di esso, ma così situata che il Sole si movesse lungo un così detto *eccentrico*, di guisa che congiungendo la Terra col vero centro di quell'orbita, si otteneva una retta che la tagliava in due punti — *apsidi* — nei quali la distanza del Sole dalla Terra era rispettivamente minima nel *perigeo*, e massima nell'*apogeo* e dove quindi il moto del Sole appariva rispettivamente più rapido o più lento. Partendo da questa ipotesi con poche osservazioni suggeritegli dal suo genio egli riuscì a determinare la posizione del perigeo e l'epoca nella quale il Sole vi passa, determinando altresì la distanza fra la Terra ed il centro dell'orbita solare: determinò ancora l'intervallo di tempo che intercede fra l'equinozio di primavera ed il solstizio d'estate — giorni 94$^1/_2$ — e quello dal solstizio d'estate all'equinozio di autunno — giorni 92 $^1/_2$. Come conclusione de' suoi studi sul Sole, Ipparco costrusse le prime tavole solari che dànno in ogni istante la posizione del Sole fra le stelle. Ipparco s'accinse quindi a spiegare i movimenti lunari, molto più complicati di quelli del Sole, e riuscì a costrurre delle tavole lunari che valevano a predire le eclissi. Fino ai tempi di Ipparco questa predizione si otteneva alla buona, a mezzo di un periodo di 6585 giorni o 223 lunazioni, detto *Saros*, che si suppone scoperto dai Caldei; in capo al quale il Sole e la Luna ritornavano ad occupare la medesima posizione relativamente alle stelle: periodo però che non stava in alcun rapporto coll'anno solare. Metone s'imbattè in un periodo di 235 lunazioni od all'incirca 19 anni, che soddisfaceva anche a quest'ultima condizione; e lo annunziò fra le acclamazioni del popolo ai giuochi olimpici: ed il 16 luglio 433 a. G. C. il ciclo di Metone ebbe corso e principio in Grecia e nelle sue colonie. Esso fu scolpito in lettere d'oro su una tavola di bronzo: venne denominato *numero d'oro* il numero dell'anno corrente nel ciclo di Metone. Il numero d'oro serve oggi ancora per la fissazione della data di Pasqua, per la quale il celeberrimo matematico Gauss diede, circa novant'anni or sono, una regola esatta fondata sulle più elevate teorie dei

numeri. In fatto di teorie matematiche, ad Ipparco si deve nientemeno che l'invenzione della trigonometria, coefficiente indispensabile all'astronomia non solo, ma a tutta la matematica ed alle sue più svariate applicazioni: egli raccolse ancora numerose ed accurate osservazioni dei pianeti, e confrontando osservazioni proprie con quelle di Aristarco riuscì a stabilire più esattamente la lunghezza dell'anno.

L'apparizione in cielo di una stella nuova suggerì ad Ipparco l'idea di determinare la posizione delle stelle in cielo, formandone un *catalogo*, che permettesse di avvertire l'accendersi di nuovi astri: ed egli registrò in quel primissimo catalogo ben 1080 stelle fisse. Dal confronto delle posizioni di talune di queste stelle, con quelle determinate 150 anni prima da Aristillo e Timocari, egli scoprì che l'equinozio di primavera retrocedeva ogni anno sull'eclittica di 48″. Questa capitale scoperta della *precessione degli equinozii*, segna un'epoca memoranda nell'astronomia, ed il valore allora trovato per la precessione è vicino poco meno che del 5 % a quello che noi oggi riguardiamo come vero. Ipparco fu, a buon diritto, chiamato il padre dell'astronomia, poichè alle sue scoperte già menzionate bisogna aggiungere il modo che egli insegnò per determinare la posizione di un luogo terrestre a mezzo della sua latitudine e longitudine, e di costrurre le carte geografiche. Egli incominciò a contare le ore di ciascun giorno dalla mezzanotte, come oggi ancora si usa nella vita civile. In astronomia il giorno incomincia a mezzogiorno. Prima di Ipparco, lo dicemmo, Pitea, Eratostene, Eudemo da Rodi (per tacere del Cinese Tcheou-Kong nel 1100 a. C.) avevano determinato l'obliquità dell'eclittica; egli ne fece una misura esatta e trovò 23° 51′ 20″, valore ritrovato o riprodotto da Tolomeo. Numerose assai sono le determinazioni dell'obliquità medesima d'allora fino ai giorni nostri. Tutte quelle osservazioni hanno insegnato che l'inclinazione dell'eclittica sul piano dell'equatore non è costante, ma va *attualmente* diminuendo: fu dimostrato che l'obliquità stessa non può scendere sotto i 21° 59′: raggiunto questo limite essa ricomincierà a crescere, ma non potrà mai oltrepassare

i 24° 36′. La teoria di questi movimenti costituisce una delle parti più astruse della meccanica celeste. I valori più esatti della precessione degli equinozii e dell'obliquità dell'eclittica sono quelli di Newcomb, ricalcolati da Andoyer, e di Zinner (Vedi al riguardo uno scritto dell'autore del presente libretto, in *Rivista di astronomia e scienze affini*, Torino, 1911).

Taciamo della riforma del calendario compiuta da Giulio Cesare, e veniamo all'astronomo forse più conosciuto della scuola d'Alessandria, Tolomeo (130 d. G. C.), di molto però inferiore ad Ipparco. Lasceremo da parte le opere geografiche ed astrologiche di Tolomeo, per toccare rapidamente di quella astronomica nota colla denominazione araba di *Almagesto* derivata dal titolo greco del libro. Tolomeo riteneva la Terra immobile: e per i movimenti degli astri adottò il concetto d'Ipparco di orbite aventi il centro non coincidente con quello della Terra. In questo sistema ogni pianeta si muove uniformemente lungo un cerchio (epiciclo) il cui centro si muove uniformemente sopra un altro cerchio (deferente), attorno ad un punto non coincidente col centro della Terra (eccentrico): il sistema tolemaico s'ebbe dal primo cerchio il nome di sistema degli epicicli. La scelta conveniente dei raggi, delle eccentricità, delle velocità di quei cerchi rendeva non troppo male ragione delle singolarità esibite dai moti dei pianeti. Il sistema tolemaico fu quello che informò tutta l'astronomia del medio evo: la scuola di Alessandria altro più non produsse in fatto d'astronomia, che commenti e svolgimenti di esso; quello di Teone di Alessandria è uno dei più noti. Teone è forse l'ultimo dei dotti che potè giovarsi della famosa biblioteca di Alessandria che dicesi contenesse più di 700.000 volumi, giacchè, a quanto vuole la leggenda essa fu distrutta nel 391 dalla plebe cristiana. Non pare però che la distruzione fosse completa, giacchè quando verso il 642 i maomettani conquistarono l'Egitto, narra pure la leggenda che il califfo Omar vi trovasse ancora numerosissimi libri, e che ritenendoli inutili se secondo il Corano, condannabili se contro di esso, se ne servisse per riscaldare l'acqua dei bagni della città durante sei mesi!

Teone di Alessandria è padre di quella Ipazia che fu giustamente considerata come una gloriosa personificazione della più alta coltura e del pensiero greco, e che fu barbaramente trucidata nel 415, dalla plebe di Alessandria. Per una completa demolizione della leggenda dell'incendio della biblioteca di Alessandria, ordinata dal califfo Omar, vedasi Butter, *The Arab Conquest of Egypt*, Oxford, 1902.

5. — Gli arabi e l'astronomia del medio evo.

Durante i quattordici secoli che intercedono fra la pubblicazione dell'*Almagesto* e Copernico, un torpore profondo invase il campo astronomico. L'osservazione diligente dei fenomeni fu quasi intieramente negletta, a parte poche eccezioni delle quali diremo in appresso; gli astri erano osservati, i pianeti particolarmente, quasi unicamente a scopo astrologico. I libri che si scrivevano altro non erano se non commenti agli autori greci: gli scrittori sacri, avendo unicamente di mira di conciliare le letterali espressioni della cosmogonia delle sacre scritture cogli autori e coi fatti, contorcevano le une, falsavano gli altri, così da riuscire a conclusioni stravaganti: qualche mente elevata si manteneva in saggio riserbo, ma nulla più.

Ma mentre in Occidente la fiaccola del sapere accennava a spegnersi, essa si accendeva a luce assai intensa nell'Oriente, ed Arabi e Tartari s'accingevano con giovanile e vigoroso slancio allo studio degli astri.

L'*Almagesto* di Tolomeo fu dal greco, lingua nella quale era stato scritto, tradotto in arabo verso l'anno 827 d. C. d'ordine del califfo di Bagdad Almamon. Da una edizione araba Federico II fece eseguire una traduzione latina verso l'anno 1230. L'*Almagesto* fu stampato la prima volta in latino a Venezia nel 1515 su un codice arabo. Il testo greco non fu conosciuto in Europa che nel secolo decimoquinto. Almamon fece tradurre molti altri autori greci: a lui devesi una

misura di un grado della sfera terrestre, allo scopo di determinare il raggio di essa.

Fra gli astronomi arabi il più celebre è Al-Battānì o Albatenius (morto nel 929): egli adottò il sistema di Tolomeo rettificandolo in parecchi punti. I suoi lavori sono esposti in una grande opera *Opus astronomicum* (1), sono numerosi e ragguardevoli: egli ridusse l'eccentricità dell'orbita circolare del Sole; constatò lo spostamento del perigeo di quest'astro, il che costituisce una vera scoperta, poi che nessun astronomo ne aveva parlato prima di lui, determinò con cura la lunghezza dell'anno tropico, perfezionò la teoria della Luna e quella dei pianeti, correggendo felicemente le tavole astronomiche di Tolomeo. Fra gli Arabi che coltivarono la scienza degli astri, meritano ancora speciale menzione: Abul Wefa (930-988) che appartenne a quella che fu detta la scuola di Bagdad, e che osservava in quella città; Ibn Junis (950-1008) che dalle sue osservazioni istituite presso il Cairo, dedusse e pubblicò certe tavole astronomiche dette *Tavole Hakemitiche*, dal califfo Hakem allora regnante; Arzachel, astronomo moro di Toledo, che pubblicò le *Tavole toletane;* Alhazen (950?-1038) altro moro spagnuolo, al quale si attribuiscono la scoperta della legge della rifrazione, e la vera spiegazione dei crepuscoli. Ulugh Beg (1394-1450) principe tartaro, s'occupò di astronomia e pubblicò un catalogo di posizioni di stelle, il secondo dopo quello di Ipparco. Poi anche l'astronomia araba ebbe sua fine, non senza aver giovato in certa misura ad aumentare o meglio mantenere le nostre cognizioni sugli astri. Molte parole arabe si usano oggi ancora in astronomia, *almucantar* (cerchio parallelo a quello dell'orizzonte), *azimut, nadir, zenit;* e molte stelle conservano gli appellativi che erano loro stati imposti dagli Arabi. Fra gli astronomi arabo-

(1) Intorno a questo trattato di astronomia, è e rimarrà classico un poderoso insigne lavoro dell'arabista italiano Carlo Alfonso Nallino, stampato nelle pubblicazioni del Reale Osservatorio di Brera in Milano (Milano, Hoepli 1903-1907). Alcuni storici francesi designano l'opera di Al-Battānì col nome di *Table Sabéenne.*

spagnuoli vogliamo menzionare ancora due che fiorirono a Siviglia: Geber (morto nel 1145) ed Alpetragius, che sollevarono obbiezioni contro il sistema di Tolomeo.

Il potere dei Mori nella Spagna andava rapidamente declinando, e con esso anche la loro astronomia. Ad essa si riattacca il nome di un re di Castiglia, Alfonso X (1252-1284), che appassionato della scienza degli astri, vi si dedicò e l'imparò da maestri cristiani, maomettani ed ebrei, coll'aiuto dei quali egli compilò quelle *Tavole* che da lui presero il nome di *Alfonsine*. Si narra che Alfonso fosse mosso ad allestire quelle tavole astronomiche, dai dubbi sorti nella sua mente circa il sistema tolemaico, che egli soleva esprimere dicendo: che se il buon Dio mentre creava il mondo, lo avesse consultato, egli gli avrebbe dato miglior consiglio. Le tavole astronomiche furono finite nel 1252, anno in cui Alfonso salì al trono, e per tre secoli, esse furono riguardate come le migliori, ed usate di continuo da astronomi e da astrologi: esse furono stampate per la prima volta nel 1483. Alfonso X lasciò pure un trattato di astronomia intitolato *Libros del Saber de Astronomia*.

Mentre in Castiglia regnava Alfonso X, nasceva (1265) in Firenze Dante Alighieri: egli non fu astronomo, ma sapeva l'astronomia del suo tempo, benchè non l'avesse imparata direttamente dall'*Almagesto*, ma piuttosto dal *Trattato della Sfera* di Brunetto Latini, dalle opere di Aristotele commentate da San Tomaso d'Aquino, ed avesse famigliari Plinio ed Alfargani: astronomo arabo quest'ultimo, che aveva pubblicato degli *Elementi di Astronomia*, tradotti in latino nel secolo dodicesimo, che contribuirono largamente a mantenere vivi gli studi astronomici in Europa. Dante, forse, lesse anche la *Sphera* di Sacrobosco, compilazione astronomica elementare del sistema tolemaico, redatta di seconda mano sulle opere di Al-Battānì (850-929) ed Alfargani (il calcolatore) contemporaneo ed astronomo del califfo Al Mamum (786-833).

S'occuparono ancora d'astronomia tre grandi dotti medioevali, Alberto Magno, Ruggero Bacone e Cecco d'Ascoli, l'astrologo convinto che affrontò impavido il rogo cui fu condannato per le dottrine, e dalle opere

del quale taluno asserisce, ricavasse Dante non poche delle sue cognizioni astronomiche ed astrologiche.

Lo spazio non ci consente che di nominare Purbach, Regiomontano, e Niccolò da Cusa, tacendo di altri molti, tre dotti che si occuparono con successo di astronomia in sul finire del medio evo, e ne occorre affrettarci a Copernico col quale s'iniziano il risorgimento e la storia dell'astronomia moderna.

6. — **Copernico.**

Niccolo' Copernico (comunemente scritto a' suoi tempi Koppernigk) nacque in Thorn il 19 febbraio 1473; le condizioni politiche di quella città erano allora tali da non consentire di stabilire nettamente se essa fosse polacca o tedesca. Da ciò sorse una vivace controversia, che al solito non concluse nulla: nè ciò monta, poichè i genii non hanno patria; essi appartengono all'umanità. Copernico iniziò i suoi studi all'Università di Cracovia, ove ebbe a maestro il polacco Adalberto Blar (Alberto Brudzuski o Brudzinski dal suo luogo natale Brudzeno in Polonia) detto l'Euclide e il Tolomeo del suo tempo, dal quale molto imparò Copernico, come egli stesso dichiara. Egli studiò poi a Bologna ove ebbe a maestro Domenico Maria Novara, e nel frattempo imparava il diritto all'Università di Ferrara, città nella quale comparve il primo scritto contro il sistema che faceva la Terra centro del mondo per opera del canonico Carlo Calcagnini, amico e condiscepolo di Copernico. Mentre era in Italia, Copernico fu per azione dello zio vescovo di Ermland (Frauenburg) creato, assieme al fratello maggiore Andrea, canonico nel capitolo di quella città. Col sussidio capitolare Copernico potè rimanere in Italia e continuare i suoi studi. Nel 1500 recossi in Roma, in occasione del giubileo proclamato da papa Alessandro VI, ed a quanto narra il Retico, vi tenne delle applaudite lezioni di matematica. In Italia (Padova) Copernico studiò ancora medicina; il che fa dubitare che egli mai ricevesse gli ordini religiosi maggiori, ma solo i minori; a quel tempo non tutti

i canonici erano sacerdoti, ma semplici chierici che avevano ricevuto i soli ordini minori. Nel 1503 Copernico tornò a Frauenburg, dopo un soggiorno in Italia che pare durasse dieci anni, e si diede tutto a' suoi studi prediletti di astronomia, ed al suo ministero di canonico, ed esercitando la professione di medico, nella quale si elevò a bellissima fama. La questione della riforma del calendario, s'imponeva allora stante il disaccordo che s'era prodotto col volgere dei tempi fra la realtà ed il computo: nel 1516 Copernico fu chiamato a far parte di una commissione di dotti incaricata di studiare quell'arduo problema, ma egli si dichiarò incompetente. Egli voleva completare i suoi studi e risolvere molti dubbi che aveva fatti sorgere nel suo spirito l'esame del sistema tolemaico; i suoi lavori astronomici, benchè essenzialmente, non furono teorici esclusivamente, ma anche pratici, vale a dire di osservazione, servendosi di un istrumento costrutto da lui medesimo. Copernico aveva cominciato nel 1507 a ridurre a corpo di dottrina il risultato delle sue meditazioni, e verso il 1514 pare l'avesse posto in carta quasi interamente: egli tenne con sè il manoscritto, ma la fama delle sue nuove opinioni andò divulgandosi, ed il suo sistema divenne noto nel mondo dei dotti. Ma non fu che nel 1541, che egli oramai settuagenario si decise a far stampare il suo lavoro, affidando il manoscritto a Gysio, che incaricò Retico di curarne la stampa in Norimberga. Il titolo di quella celeberrima opera è il seguente: NICOLAI COPERNICI TORONENSIS *De Revolutionibus Orbium Coelestium, libri VI;* essa è dedicata al papa Paolo III. Avendo Retico smesso di occuparsi della stampa dell'opera di Copernico, quella avvenne poi a cura di due dotti Giovanni Schoner e Andrea Osiander. Il primo esemplare stampato fu recato a Copernico, quando già, paralizzato di corpo e di spirito, si preparava a morire, vide e toccò il volume, nulla più, e qualche giorno dopo, il 24 maggio 1543 egli rendeva lo spirito a Dio in età di anni 73, pianto dagli abitanti della città che tanto aveva beneficati, desiderato dagli amici, poco apprezzato da' suoi contemporanei. L'opera imperitura di Copernico consiste nell'aver dimostrato in modo inop-

pugnabile le seguenti proposizioni che costituiscono il cardine del suo sistema.

1° Le orbite e le sfere celesti non hanno un unico centro. 2° Il centro della Terra non è il centro dell'universo, ma solamente il centro del peso e dell'orbita lunare. 3° Le orbite giaciono intorno al Sole, il quale perciò deve considerarsi come il centro del sistema mondiale. 4° La distanza della Terra dal Sole, paragonata con quella tra la Terra e le stelle è una lunghezza piccolissima ed insensibile. 5° Il moto diurno della sfera celeste è apparente, ed è un effetto del moto reale di rotazione della Terra attorno al proprio asse, moto che si compie in 24 ore siderali. 6° La Terra seguìta dalla Luna, si muove intorno al Sole; e quei movimenti che il Sole pare effettuare, non sono che moti reali della Terra. 7° Questi movimenti della Terra, ed il moto dei pianeti intorno al Sole, rendono completa ragione delle retrogradazioni, delle stazioni e di tutte le altre particolarità che noi constatiamo nel percorso celeste dei pianeti. Il sistema che dal suo sommo fondatore si dice oggi Copernicano, non riuscì perfetto; ciò non può essere degli atti e fatti umani; ma le piccole imperfezioni, dovute in buona parte all'aver Copernico riguardate come esatte osservazioni antiche che Tycho Brahe dimostrò poi non esserlo, vennero man mano corrette, e tutta l'astronomia moderna non è che una conferma di esso. Quel sistema fu combattuto dai teologi d'ogni confessione: ma neanche gli astronomi, per iscrupoli religiosi, lo accolsero tanto presto.

Tycho Brahe, uno dei più grandi osservatori che siano vissuti, e che nell'osservazione fu tanto potente quanto Copernico lo fu nella teoria, nacque il 13 dicembre 1546, tre anni dopo la morte di Copernico e morì nel 1601: egli, oppositore del sistema copernicano, sul suo letto di morte rivolse a Keplero caldissima preghiera di condurre a termine la sospirata riforma dell'astronomia, non in base al sistema copernicano, ma a quello che egli Tycho Brahe aveva ideato. La prima osservazione di Tycho Brahe fu quella della nuova stella che nel novembre 1572 fu per la prima volta vista brillare nella costellazione di Cassiopea,

e che si spense in capo a 18 mesi. Egli ne descrive la luce, la posizione, le variazioni di splendore, e la ritenne generata dalla sostanza luminosa della Via Lattea, e consegnò i suoi studi e pensieri in un'opera attorno a quella stella, che allora fu detta *La pellegrina.* Intorno a questa stella, ci consenta il cortese lettore una digressione, poichè quella si connette con un argomento che in un libretto di coltura generale sulla storia popolare dell'astronomia non può, a nostro avviso, essere passatò sotto silenzio.

7. — La stella di Betlemme.

Alcuni astronomi sostennero, fondandosi sopra incerte indicazioni storiche, che *La pellegrina* era una stella che si rendeva visibile ad intervalli di circa 315 anni, e che si era mostrata anche nel 945; di guisa che, risalendo a ritroso del tempo, una sua apparizione sarebbe avvenuta nei primi anni dell'èra volgare. Da ciò a concludere che la stella dei Re Magi, la stella di Betlemme, non era che un'apparizione anteriore della *Pellegrina* fu breve il passo, ma fu un passo falso sopra il malfido terreno di inesatte notizie, e non si giunse a collegare la *Pellegrina* colla stella di Betlemme. Secondo la tradizione la stella di Betlemme sarebbe quell'astro che avrebbe condotto i Re Magi alla capanna nella quale era nato Gesù. La tradizione non ha altra base che il seguente passo del Vangelo di San Matteo: «I Re Magi giunti a Gerusalemme domandarono: — Dov'è il Re dei Giudei che è nato? conciossiachè noi abbiamo veduto la sua stella in oriente e siam venuti per adorarlo. — Quando poi si partirono da Gerusalemme, ecco la stella che avevano veduto in oriente andare innanzi a loro, finchè giunta disopra al luogo dov'era il fanciullino, vi si fermò, ed essi, veduta la stella, si rallegrarono di grandissima allegrezza». (S. Matteo, Cap. II, 2-10). San Matteo è l'unico dei quattro evangelisti che menzioni la stella dei Magi. Altri volle che la stella di Betlemme fosse un'antica apparizione della cometa di Halley; quella cometa che eccitò tanto la curiosità delle genti anche

nel suo ritorno del 1910: ed altri ancora pensarono con Keplero, che non un astro solo ma due o più pianeti fra loro casualmente vicinissimi costituissero la stella di Betlemme: ma nessuna di queste supposizioni resse all'esame della critica astronomica, e la famosa stella non può riguardarsi come un fenomeno naturale. Pertanto chi ammette l'onnipotenza di Dio, può logicamente, anzi meglio deve credere alla stella di Betlemme come a un prodigio, manifestazione di quella: chi non l'ammette, deve senz'altro rifiutarsi ad accettare l'attendibilità di quel fatto e negarne la veridicità, essendo impossibile lo spiegare la narrazione di San Matteo coi fenomeni naturali quali li conosciamo. Smith, illuminato credente e dotto storico, nel suo dizionario biblico dichiara inammissibile la spiegazione della stella dei Magi a mezzo di una congiunzione di pianeti; e la chiarisce invocando una manifestazione luminosa miracolosa, meteorica o celeste, e ciò attesta della sua fede illuminata e profonda. Opinione analoga leggesi nel dizionario di Migne (1); ed ora, finita la digressione, ritorniamo a Tycho Brahe.

Tycho era danese, e nel 1576 il re di Danimarca gli concesse l'isola di Hven, e vi fece edificare il castello osservatorio che fu chiamato Uraniburg, il quale divenne una specie di colonia di astronomi: ivi egli raccolse co' suoi collaboratori le osservazioni dalle quali, poi, Keplero dedusse le sue famose leggi di cui diremo fra breve. Tycho fu preso di mira da avversari e nemici, e tanto che nel 1597, dopo la morte del re suo protettore, al fine di sfuggire alla crescente persecuzione si ritirò a Praga, chiamatovi dall'imperatore Rodolfo II, ed ivi lavorò incessantemente con Keplero fino al giorno della sua morte. Per iscrupoli religiosi Tycho Brahe non volle ammettere che la Terra girasse attorno al Sole, ma la suppose immobile al centro del mondo, e fece circolare attorno ad essa il Sole e la Luna. Attorno al Sole volle ruotassero i pianeti

---

(1) Vedi il capitolo *La stella di Betlemme* nel libro di Ottavio Zanotti Bianco, intitolato *Astrologia e Astronomia*, Torino, Bocca, 1905.

Mercurio, Venere, Marte, Giove e Saturno, che erano trascinati dal Sole in un suo supposto movimento attorno alla Terra. Inoltre Sole, Luna, pianeti, stelle tutti in assieme ruotano in un giorno attorno all'asse del mondo, producendo le apparenze del movimento diurno. Così Tycho Brahe salvava il dogma per lui inconcusso dell'immobilità assoluta della Terra, che nel suo sistema non aveva nè rotazione nè traslazione. Il sistema di Tycho, benchè renda conto delle apparenze, non fu accettato, perchè è meccanicamente impossibile.

Fino ai tempi dei quali discorriamo, i peripatetici, seguendo l'affermazione del loro maestro Aristotele, consideravano le comete come semplici meteore, od emanazioni terrestri producentisi ed infiammantisi fra la Terra e la Luna. Tycho Brahe, dopo aver osservata la cometa del 1577, fu indotto a pensare giustamente, che essa fosse un astro celeste descrivente una curva regolare attorno al Sole, fondando così la vera teoria di quegli astri.

8. — **Keplero** (1071-1630).

Tycho Brahe lasciò a Giovanni Keplero la sua raccolta d'osservazioni; Keplero ne istituì molte altre da sè, e meditando su di esse, fu condotto in lunghi anni di studio a formulare le seguenti tre leggi che governano il sistema solare.

La prima legge fu da Keplero scoperta dopo quella che oggi è detta la seconda; ciò avvertito per l'ordine cronologico, ecco le tre leggi:

1° I pianeti descrivono attorno al Sole delle orbite chiuse che hanno la forma di ellissi, in uno dei fuochi delle quali sta il Sole. 2° Le aree descritte dal raggio vettore (retta che congiunge il centro del pianeta col centro del Sole) di un pianeta in tempi eguali sono eguali. 3° I quadrati delle durate delle rivoluzioni di due pianeti attorno al Sole, stanno fra loro come i cubi delle loro distanze medie dal Sole. Dicesi distanza media di un pianeta dal Sole il semiasse maggiore dell'orbita che esso descrive attorno al Sole. La terza legge fu resa

di pubblica ragione l'anno 1619 nel libro intitolato *Harmonices Mundi libri V*, che era continuazione di quello intitolato *Prodromus Dissertationum Cosmographicarum continens Mysterium Cosmographicum* pubblicato nel 1596. Nel 1627 Keplero pubblicò le tavole astronomiche dette *Tabulæ Rudolphinæ*, in onore dell'imperatore allora regnante. La nobiltà dell'animo di Keplero si rileva in ciò che nella pagina del titolo di quelle tavole egli afferma che esse contengono la riforma dell'astronomia concepita e svolta *a Phenice illo astronomorum Tychone*. Keplero immaginò e descrisse e disegnò nel suo *Mysterium Cosmographicum* un sistema del mondo, che ricorda le idee di Platone, fondato su fantasiose relazioni delle distanze degli astri coi cinque poliedri (solidi) regolari e coi suoni musicali, il quale però non ebbe séguito. L'opera che assicura a Keplero la gloria più meritata si intitola: *Astronomia nova seu physica coelestis tradita commentariis de motibus stellæ Martis*. L'introduzione di essa contiene delle idee giuste e profonde sulla gravità od attrazione terrestre, alla quale, pensa esattamente Keplero, l'aria è soggetta non meno degli altri corpi, e che agendo sulla Luna la trattiene nella sua orbita, mentre il nostro satellite per attrazione produce sulla Terra le maree. Nel 1604 apparve una stella nuova nella costellazione del Serpentario; Keplero la osservò e studiò e scrisse intorno ad essa un'opera col titolo interamente astrologico: poichè, e questo è un grande appunto che si fa a quel sommo ingegno, egli coltivava l'astrologia, componeva oroscopii, e s'occupava di predizioni. Sta di fatti che tutte le opere di Keplero sono ridondanti di divagazioni, invocazioni, rendimenti di grazie, considerazioni astrologiche d'ogni maniera; agli occhi di uno scienziato superficiale (ve ne sono molti) ciò può parere colpa gravissima, ma con una ponderata disamina essa si attenua grandemente. Keplero fu un uomo di genio, ma de' suoi tempi e dotato di fantasia ed immaginazione esuberanti, ed ebbe la vita funestata da molte e grandi sventure incominciate fin dall'infanzia in un ambiente (un'osteria) non certo adatto a frenare le esagerazioni dei pregiudizii od a correggere i difetti di un carattere tenace, ma ardente.

Per giudicarlo, scrive lo storico Marie, bisogna tener conto ad un tempo, e dei vizi della sua prima educazione, e dell'impero e del fascino che esercitavano sopra tutti gli spiriti, le assurdità fisiche che s'insegnavano ai suoi tempi nelle scuole, dallo sconvolgimento generale cagionato dal primo svolgersi della riforma, dalla miseria e dalla torbida agitazione delle genti a quell'epoca: allora si potrà comprendere come un uomo quale Keplero, abbia potuto associare tanta perseveranza, tanta sagacità e tanto genio ammirabile nell'astrusa ricerca del vero, con un'inclinazione spiccata per l'astrologia, gli oroscopii e le predizioni. Del resto nel suo citato libro sulla stella nuova del 1604 egli si scagiona dell'aver coltivato l'astrologia col brano seguente che qui riproduciamo, e che è ragionevole sopratutto se giudicato collo spirito di quell'epoca: « Di che ti lagni, filosofo schifiltoso, se una figlia (l'astrologia), che tu ritieni pazza, aiuta una madre saggia, ma povera, se questa madre (l'astronomia) non è tollerata fra gli uomini, più pazzi ancora, se non a motivo di quelle stesse follie? Se non si fosse nutrita la credula speranza di leggere l'avvenire nel cielo, sareste stati voi mai tanto savi, da studiare l'astronomia per sè stessa? »

L'ASTRONOMIA MODERNA

ed i suoi mezzi d'indagine e d'osservazione

9. — **Galileo Galilei.**

L'istoria moderna principia nel 1492 anno in cui Cristoforo Colombo, scoprendo l'America, rivelò agli abitanti del mondo antico sì larga parte del nuovo mondo. L'astronomia moderna deve così aver principio con Galileo Galilei, che assodando e confermando il sistema copernicano, rivolse pel primo il cannocchiale al firmamento, facendovi le meravigliose scoperte delle quali più avanti diremo, rivelatore anch'egli di nuovi mondi, e inoltre rendendo possibile l'esplorazione del cielo sotto i più varii ed inattesi aspetti, che senza il cannocchiale sarebbe stata impossibile.

Galileo Galilei (o de' Galilei) nacque in Pisa alli 15 febbraio 1564, da Vincenzo, di nobile famiglia decaduta; fu inviato dal padre nel 1581 all'Università di Pisa onde studiarvi medicina; colà egli si distinse ben presto non solamente per i progressi generali nei suoi studi, ma per l'ardire singolare con cui sosteneva opinioni originali, contrarie ai dommi scolastici in voga: donde dai compagni di scuola s'ebbe il soprannome di *contenditore*. Nel 1582, guardando nella cattedrale di Pisa le oscillazioni di una lampada, avvertì che esse si compivano in tempi eguali, accertandosene

col paragonarle alle pulsazioni del suo braccio. Ben presto il Galilei s'avvide che egli non aveva alcuna inclinazione per la medicina, alla quale si era avviato unicamente per camparne, mentre si sentiva energicamente attratto verso le scienze matematiche. Le ristrettezze economiche lo costrinsero a lasciare nel 1585 l'Università prima d'aver finito il corso regolare degli studi, e ridottosi a casa vi stette quattro anni, in uno dei quali (1586) pubblicò manoscritto il suo primo saggio scientifico che trattava della bilancia idrostatica. Nel 1589 ottenne la cattedra di matematica e di astronomia all'Università di Pisa: ad essa egli rinunziò dopo la morte del padre suo nel 1591; ma nell'anno successivo egli fu nominato professore all'Università di Padova ove rimase fino al 1610, ed ove compiè col cannocchiale quelle scoperte che lo resero celebre in tutta Europa, anche tacendo di quelle di fisica e meccanica, delle quali la ristrettezza dello spazio ci vieta pur la menzione. Nel 1604 apparve in cielo una nuova stella nella costellazione di Ofiuco, che attrasse tutta l'attenzione di Galileo, ed intorno a cui egli fece alcune lezioni, alle quali accorsero numerosissimi ascoltatori desiderosi di conoscere le opinioni del celebre filosofo sopra un fatto così eccezionale. Si fu in quella occasione che Galileo si pronunziò apertamente ed esplicitamente contro le antiche idee aristoteliche sull'incorruttibilità ed immutabilità dei cieli. Egli dimostrò chiaramente che quella stella, risultando dall'osservazione essere ad una distanza grandissima dalla Terra, non presentando cioè, come suol dirsi in linguaggio tecnico, parallasse misurabile, come ai tempi suoi era di tutte le stelle così dette fisse, doveva essere situata molto al di là della regione della nostra atmosfera, alla quale gli aristotelici riferivano tutte le comete e le meteore transitorie, e secondo le idee dei quali un corpo nuovo e variabile generato nelle perfette ed immutabili sfere celesti era una cosa affatto impossibile.

Le scoperte fatte da Galileo col cannocchiale, e nelle quali egli, senza dichiararlo esplicitamente, voleva vedere tante prove del sistema copernicano, furono negate in parte; di altre, come quella delle

macchie del Sole, gli fu contestata la priorità; cosa d'altronde comune a tutte le novità, sopratutto se urtano opinioni dominanti ed interessi profondamente radicati. Nulla diremo qui della lotta di Galileo coi suoi avversari cattolici e col Vaticano; rimandiamo per quanto ciò concerne il lettore alle opere italiane del prof. Antonio Favaro, che ha curato sapientemente l'edizione nazionale delle opere di Galileo, e pubblicò una copia grandissima di documenti e lettere intorno alla vita e agli scritti del grande Pisano. Pare assodato che Galileo non fu torturato; pronunziò l'abiura delle sue opinioni secondo il rito, ed il leggendario *Eppur si muove* non è per nulla provato. Nei 32 anni che separano il 1610 dal 1642, anno della sua morte, Galileo pubblicò molti scritti e di fisica e di meccanica e d'astronomia e d'interpretazione della Bibbia, dimostrandosi recisamente partigiano del sistema copernicano, che egli difese strenuamente nei suoi *Dialoghi sui massimi sistemi*. Questo famoso libro nel 1616 era stato messo all'Indice (proibitane o sospesa la lettura) coll'opera di Copernico dalla Congregazione dell'Indice, coll'aggiunta *donec corrigatur* (affinchè sia corretto). Galileo visse, infelice, presso Firenze in Arcetri (ivi oggi esiste un importante ed attivo osservatorio astronomico), colla sua famiglia *naturale*, vi divenne cieco nel 1637 e vi si spense l'8 gennaio 1642 in età d'anni 78. In quell'anno nacque l'inglese Isacco Newton.

10. — **Storia del cannocchiale.**

Fino a Galileo e precisamente fino al 7 gennaio 1610 gli uomini non si erano serviti nel guardare gli astri che dei loro occhi (a parte gli occhiali inventati dal fiorentino Armato degli Armati nel 1296, e che Maurolico, siciliano, costruì nel 1450 per presbiti e miopi): in quel giorno famoso fu rivolto al cielo il primo cannocchiale, e Galileo in quell'ora segnò l'inizio della astronomia moderna d'osservazione, come Copernico e Keplero avevano segnato quello dell'astronomia teorica e matematica moderne. E poichè il cannocchiale nelle sue modificazioni e trasformazioni, ed il pendolo

costrutto da Huygens nel 1657 sono gli apparecchi che servirono a tutte le mirabili conquiste nel campo del cielo, gioverà tesserne rapidamente l'istoria. In ciò fare, per quanto riguarda la parte ottica e geometrica, ci serviremo di un lavoro accuratissimo dell'ottimo amico nostro prof. Nicodemo Jadanza (1).

A proemio della sua storia del cannocchiale, il professore Jadanza pone il seguente bellissimo squarcio di Settembrini (2).

« Correva l'anno 1610 e per tutta Europa fu udita una voce che parve ripetere quell'antica: *Gaudium magnum nuncio vobis*; fu sparso e letto un libro latino di poche pagine, nel quale si annunziava alla Terra grandi meraviglie scoperte nel cielo mediante un nuovo istrumento; meraviglie nella faccia della Luna; meraviglie nella Via Lattea e nelle nebulose che sono apparite ammassi di stelle innumerevoli; meraviglie nel pianeta di Giove che è corteggiato da quattro lune (3). Questo libretto, stampato in Venezia nel mese di marzo 1610, è di Galileo che lo scrisse in latino per farsi intendere subito da tutto il mondo, e lo scrisse subito nell'allegrezza della prima scoperta che cominciò la notte del 7 gennaio di quell'anno; e però il libro è una festa, una letizia, una nuova rivelazione, una felice novella che scende dal cielo; ed è bello sin anche il titolo: *Sidereus nuncius magna longeque admirabilia spectaculo pandens suspiciendaque proponens unicuique, praesertim vero philosophis atque astronomis quae a Galileo Galilei, patritio florentino, Patavini gymnasii publico mathematico, Perspicilli nuper a se reperti beneficio, sunt observata in Luna facie, fixis innumeris, Lacteo Circulo, stellis nebulosis, apprime vero in quatuor planetis circa Jovis stella disparibus intervallis atque periodis, celeritate mirabilis circum volutis, quos nemini*

---

(1) *Teorica dei cannocchiali*, Torino, Loescher, 1906 e *Storia del cannocchiale*, in *Rivista d'astronomia*, 1910.

(2) *Lezioni di letteratura italiana*, Napoli, vol. II, pag. 413.

(3) Galileo denominò i satelliti di Giove *astri medicei* o *stelle medicee*, in onore dei Medici che governavano allora Firenze; quei satelliti ebbero poi altri nomi.

in hanc usque diem cognitos, novissime author deprehendit primus atque Medicea Sydera noncupandos decrevit. Solenni e letizianti sono le parole onde incomincia, nelle quali io sento tutta la poesia della scienza che sorge, bella, lieta, sorridente come una vaga fanciulla che entra cantando nella scienza della vita ».

Dopo tale proemio il Jadanza espone rapidamente la storia del cannocchiale, e noi lo seguiremo da vicino assai assai.

La storia del cannocchiale, specialmente nella sua origine, è alquanto incerta; talchè non si può rispondere con sicurezza alla domanda: Chi costruì il primo cannocchiale? Gli autori anteriori a Keplero non hanno detto nulla di geometrico sulla rifrazione della luce; Keplero espresse parzialmente una proposizione, ma la vera legge della rifrazione fu enunciata da Descartes soltanto nel 1637. Per conseguenza, **scientificamente**, il cannocchiale non potè essere inventato prima di quell'epoca. E' fuori di dubbio che Giovan Battista Della Porta, da Vico Equense (provincia di Napoli) (1540-1615), conoscesse il cannocchiale fin dall'anno 1586; ma egli non divulgò, nè si valse per osservazioni, di quella sua conoscenza. Lo stesso dicasi di Zacharias Jansen e di Hans Lippershey, esperti meccanici di Middelburgo, i quali costruivano il cannocchiale che o avevano indovinato per caso, maneggiando lenti, o del quale avevano udito parlare. E' fuori di dubbio che negli anni 1608 e 1609 nell'Olanda ed a Parigi si vendessero cannocchiali non più lunghi di circa mezzo metro: di qui il nome di cannocchiale olandese al nuovo istrumento, il quale non era che un oggetto di pura curiosità. A Galileo Galilei, professore nel celebre Studio di Padova, giunse la fama di tale strumento, e sia che ne avesse soltanto udita una sommaria descrizione, sia che ne avesse avuto qualcuno fra mani, certo è che in brevissimo tempo ne costruì dei migliori. Diretto al cielo l'istrumento da lui perfezionato, vide, primo fra gli uomini, quei meravigliosi fenomeni che nessuna mente aveva mai immaginati e che già parzialmente rammentammo col Settembrini. A quelle scoperte bisogna aggiungere le macchie del Sole, le fasi di Venere, analoghe a quelle

della Luna, l'anello di Saturno, che si succedettero a brevi intervalli e riempirono il mondo del nome di Galileo e del nuovo istrumento acquisito allo studio degli astri. Così non a torto si appella di Galileo il cannocchiale formato con una lente convergente ed un'altra divergente, che è poi il binoccolo da teatro; se Galilei non inventò il cannocchiale, egli ha però il merito di aver tramutato un oggetto di pura curiosità in un istrumento di ricerca scientifica della massima importanza: bene sta, dunque, che esso porti il suo nome. Ma il cannocchiale di Galileo, che dà le imagini degli oggetti diritte, non è quello che adoperano gli astronomi, con due lenti convergenti, che intuito e consigliato da Keplero, sembra essere stato per la prima volta costruito da Francesco Fontana, di Napoli, nel 1608; con esso egli osservò i pianeti dal 1629 al 1645. Cristiano Huygens (1629-1695), abilissimo costruttore di cannocchiali, matematico e fisico insigne, perfezionò il cannocchiale astronomico e con esso scoprì la vera natura dell'anello di Saturno, che Galileo aveva veduto, sotto forma di anse, attorno al globo del pianeta, ed un satellite di questo. Le scoperte di Huygens, che rappresentano il trionfo dell'ottica scientifica, eccitarono in molti dotti l'emulazione ed il desiderio di possedere cannocchiali ancora più potenti. Fra i vari costruttori si distinse Giuseppe Campani, in Roma; i suoi cannocchiali astronomici furono i più perfetti di quel tempo; con essi furono confermate le scoperte di Huygens, e fatte altre. Gian Domenico Cassini coi cannocchiali del Campani scoprì quattro satelliti di Saturno, uno nell'ottobre del 1671, uno nel dicembre del 1672 e due nel marzo 1684. In oggi si conoscono dieci satelliti di Saturno, compresi i cinque sopra ricordati; scopritori degli altri cinque furono Guglielmo Herschel 1789, Bond nel 1848, e l'americano W. H. Pickering nel 1898 e nel 1904. Alcuni dei cannocchiali di Campani avevano la lunghezza di ben 44 metri, che ne rendeva l'uso incomodo assai e poco pratico. Tali esagerate dimensioni erano causate dal fatto che dietro le esperienze di Newton (25 dicembre 1642-20 marzo 1727) si era perduta la speranza di costruire con sole lenti (a rifrazione) un telescopio le cui ima-

gini non apparissero iridescenti, o, come suol dirsi tecnicamente, che fosse acromatico. S'incominciarono quindi a costruire i telescopii a riflessione, aventi cioè la parte rivolta al cielo (obiettivo) formata da specchi concavi che producevano imagini acromatiche. Le descrizioni di cotesti cannocchiali, che sono di 4 tipi, di Gregory, di Cassegrain, di Newton e di Herschel si possono leggere in molti trattati di fisica e di astronomia (1). Dopo gli studi di Eulero fatti di pubblica ragione nel 1747, e dietro la dimostrazione data da Klingenstierna in Upsala della erroneità delle esperienze di Newton, Dollond, celebre costruttore inglese, compose un prisma acromatico; ma soltanto nel 1804, colle migliorie introdotte nella fabbricazione del vetro, Lerebours costrusse il primo cannocchiale acromatico a rifrazione. Di poi in questa fabbricazione si resero celebri Fraunhofer, Merz ed altri. Oggidì si costruiscono cannocchiali a rifrazione con obiettivi (2) aventi diametri veramente ragguardevoli: ad esempio, di centimetri 91,5 (lunghezza 15 metri) quello del cannocchiale dell'osservatorio Lick sul monte Hamilton in California, e di centimetri 101,6 quello del cannocchiale dell'osservatorio Yerkes presso Chicago. Sono però rivolti al firmamento anche potenti cannocchiali a specchio.

---

(1) Il gesuita italiano Zucchi sembra essere stato il primo ad applicare, nel 1616, una lente oculare per guardare l'imagine prodotta, per riflessione, da uno specchio metallico concavo.

(2) Il nome di *obiettivo* designante la lente di un cannocchiale rivolta verso l'oggetto (stella od oggetto terrestre), e quello di *oculare*, che significa la lente più vicina all'occhio, furono immaginati dal cappuccino De Rhuta, boemo (1597-1660), abile costruttore di cannocchiali. Gli oculari furono perfezionati da Huygens, Campani e Ramsden. L'oculare è nome che si applica non solamente ad una *lente unica*, ma altresì ad un complesso di lenti: tali sono, l'oculare di Campani, che serve a raddrizzare le imagini nel cannocchiale terrestre, quello di Huygens, che è applicato ai microscopii composti, e quello di Ramsden, che è usato nei cannocchiali astronomici e geodetici.

11. — Istrumenti di precisione. Spettroscopia e fotografia applicate all'Astronomia.

Il cannocchiale facendo apparire gli oggetti lontani più grandi che l'occhio disarmato non mostri, serve ad esaminare l'aspetto degli astri ed a dirigere verso di essi delle visuali, ma di per sè solo non fornisce mezzo di determinare la loro posizione in cielo, nè la loro distanza da noi: cognizioni senza le quali non è possibile la conoscenza della distribuzione delle stelle in cielo, nè quella dei movimenti e della grandezza degli astri in generale. Ad ottenere tutti quei dati bisogna riferire le stelle a certi determinati cerchi massimi ideali della sfera celeste, e misurare quindi l'ampiezza di certi archi od angoli. Ciò sapevano già gli astronomi antichi, non solo d'occidente, ma altresì d'oriente, ed i Cinesi avevano costrutti a quello scopo grandiosi congegni. Il gnomone, le sfere armillari, lo *scaphé* erano apparecchi di tal fatta, come lo erano i globi celesti, e quelle porzioni di circoli graduati in legno od in metallo, fissi o mobili in certi modi, che furono detti sestanti, quadranti, circoli murali. Dopo la costruzione del cannocchiale astronomico, Huygens e Malvasia ebbero l'idea di adattarvi dei fili in croce od a reticolo, che permettevano e maggiore esattezza nel puntamento del cannocchiale, e con vari metodi la determinazione del diametro apparente degli astri, dato necessario a conoscere il variare delle loro distanze da noi, e poi, quando fosse nota la distanza di uno di essi o del Sole, le loro distanze mutue e dalla Terra. Poi, poco per volta, l'invenzione del nonio, il microscopio, i progressi della meccanica nel dividere i cerchi, consentirono di accrescere ognor più la precisione nella misura degli angoli. Oggi, i meravigliosi strumenti di precisione per le misure astronomiche constano di un cannocchiale e di uno o due circoli graduati, con apparecchi per la lettura di questi;

e sono essenzialmente i seguenti. Il circolo meridiano: in questo l'asse del cannocchiale può descrivere il piano del meridiano, e gli astri con esso si possono osservare a tutte le altezze sull'orizzonte quando attraversano quel piano: l'istrumento dei passaggi è analogo al circolo meridiano, ma può essere adoperato in qualunque piano verticale. Per l'osservazione fisica degli astri non servono i due detti strumenti, nè un loro congenere detto *altazimut*, o sotto varie proporzioni *teodolite* od *universale*, giacchè essi tutti non consentono l'osservazione di un astro se non durante il tempo, generalmente breve, da esso impiegato ad attraversare il campo del cannocchiale; mentre lo studio fisico dell'aspetto di un astro richiede che lo si segua a lungo nel suo percorso. Ciò si ottiene cogli strumenti detti *equatoriali*: questi, mossi da movimenti di orologeria, una volta diretti ad un astro e messi in moto, lo seguono nel suo cammino dovuto al moto diurno, e permettono all'astronomo di averlo davanti agli occhi per parecchie ore. Gli equatoriali servono anche a misurare i diametri apparenti di pianeti, pianetini e comete, e la loro posizione relativa a certe stelle, le distanze delle componenti le stelle doppie o multiple, ecc. A consimili scopi servono anche un apparecchio detto *eliometro*, e quelli che sono denominati *micrometro ad anello*, e *micrometro filare*, che si applicano agli equatoriali.

Il cannocchiale e gli istrumenti di misura ai quali esso è applicato servono a studiare l'aspetto esterno dei corpi celesti (l'osservazione del Sole richiede speciali precauzioni), a determinarne la posizione ed a seguirne i movimenti; ma nulla ci dicono circa la loro costituzione chimica. Le applicazioni di una scoperta di Newton consentono oggidì di acquistare qualche nozione anche intorno a quella. Nel 1672 Newton compì quella esperienza che fu detta « analisi della luce ». Facendo cadere un raggio luminoso ordinario sopra un prisma di cristallo, esso viene deviato dal suo cammino rettilineo, o, come suol dirsi, rifratto, ed esce dal prisma non solo in direzione diversa da quella secondo la quale vi era penetrato, ma se lo si riceve sopra uno schermo bianco, esso dipinge su

questo una striscia che presenta i sette colori dell'iride. Da ciò Newton venne a conchiudere che la luce del Sole non è omogenea, ma è un composto di un certo numero di raggi primarii, i quali hanno ciascuno un diverso grado di refrangibilità corrispondente alla differenza di colore. Nel 1802 William Hyde Wollaston scoprì che lo spettro (così venne denominata la striscia colorata dipinta dal raggio solare sullo schermo bianco) della luce solare è attraversato da sette fascie o linee nere, che egli riguardò come i limiti dei vari colori. L'esperimento fu ripreso da Fraunhofer nel 1814, mentre stava studiando il problema di produrre lenti acromatiche, e scoprì che lo spettro della luce solare è attraversato non da sette ma da migliaia di righe oscure, che da lui presero il nome. Egli ne contò più di 600 e fissò la posizione di ben 324. Analizzando poi col prisma la luce di altri corpi celesti raccolta col telescopio, egli osservò che la luce della Luna e dei pianeti produceva uno spettro identico a quello del Sole; nelle stelle invece constatò delle spiccate differenze. Fraunhofer aveva designato con lettere latine e greche le principali righe dello spettro che egli riguardava come capisaldi cui riferire la posizione delle altre. Egli avvertì che talune stelle, Sirio e Castore, non producevano uno spettro attraversato delicatamente nel senso della larghezza da innumerevoli linee nere come quello del Sole, ma erano interrotti da tre larghe fascie oscure, due nel bleu e l'altra nel verde. Egli notò ancora che una linea ben pronunziata nello spettro solare, e che egli aveva designata colla lettera *D*, era negli spettri delle quattro lucide stelle Polluce, Capella, Betelgeux e Procione e che essa coincideva esattamente in posizione con un cospicuo tratto giallo, che egli aveva già avvertito negli spettri prodotti dalle fiamme provenienti da varie combustioni, e che le linee *D*, oscure pel Sole e lucenti nelle luci terrestri, erano doppie. In quella curiosa corrispondenza di linee oscure e lucide, a seconda della provenienza della luce analizzata, era il fondamento della spettroscopia celeste che non doveva svilupparsi che molto più tardi. Fu poi constatato che la linea gialla *D* di Fraunhofer prove-

niva dalla combustione del sodio nelle sue molteplici combinazioni, così varie e numerose in natura. Vari fisici cercarono di spiegare le linee oscure del Sole, ma la vera spiegazione non fu data che nel 1859 da Kirchhoff con un celeberrimo esperimento, dal quale egli dedusse, assieme al suo collega Bunsen, un principio generale che è il fondamento dell'analisi spettroscopica. Essi innanzi tutto dimostrarono la necessaria ed invariabile connessione di certi raggi dello spettro con certe sorta di sostanze, e la verità delle loro conclusioni fu attestata dalla scoperta di due nuovi corpi metallici semplici a mezzo delle singolarità esibite dal loro spettro luminoso unicamente: metalli che dai raggi bleu e rossi che li distinguevano, furono detti *cesio* e *rubidio*; ottenuti poi immediatamente dopo in piccola dose dall'evaporazione delle acque minerali di Durkheim. Dopo quell'epoca molti metalli furono scoperti a mezzo delle caratteristiche presentate dalle fiamme di certe combustioni. Poi Kirchhoff riuscì a spiegare le linee oscure dello spettro solare in una comunicazione che egli fece il 15 dicembre 1859 all'Accademia delle Scienze di Berlino, data memorabile nell'istoria delle applicazioni della spettroscopia ai corpi celesti, che oggidì costituiscono quel ramo dell'astronomia che è detto *astrofisica*. La spiegazione di Kirchhoff sta nel seguente principio: Tutte le sostanze sono opache a quegli stessi raggi luminosi che esse emettono alla medesima temperatura, ossia esse assorbono, trattengono quelle specie di luce e di calore che esse sono veramente in condizione di emettere. Così i vapori di sodio ad elevata temperatura assorbono i raggi che il sodio stesso, quando è luminoso per incandescenza alla temperatura medesima, emette. Si badi che la condizione della temperatura elevata è essenziale, e non sussiste che i corpi freddi assorbano i raggi che essi emetterebbero se fossero sufficientemente riscaldati. Il principio enunciato diede immediatamente al genio di Kirchhoff la chiave del mistero delle linee di Fraunhofer. Sul Sole esiste il sodio incandescente, i vapori di sodio esistenti nell'atmosfera solare assorbono i raggi luminosi speciali che esso emette; da ciò le linee oscure solari al posto delle linee luminose delle combustioni

terrestri. A questo modo Kirchhoff potè immediatamente conchiudere che sul Sole oltre al sodio esistevano altri corpi metallici, il ferro, il magnesio, il calcio, il cromo, ed in minori proporzioni il bario, il rame, lo zinco, il nichelio; egli sospettò anche del cobalto, che poi fu confermato. A proposito della scoperta di Kirchhoff, miss Clerke scrive le linee seguenti: «Questo principio è fondamentale nella chimica solare. Gli identici caratteri che sono scritti *luminosamente* negli spettri terrestri sono scritti *in oscuro* nell'involuto fascio di raggi solari, ma il significato rimane invariato. Bisogna tuttavia rammentare che quelle linee, quei caratteri dello spettro solare sono soltanto relativamente oscuri. Le sostanze che trattengono, assorbono quelle tinte particolari nelle vicinanze del Sole, sono nel tempo medesimo con esso vividamente splendenti. Se si rimuove l'abbagliante sfondo solare, per contrasto col quale esse si mostrano come oscure, esse saranno viste, ed in certi momenti critici lo furono effettivamente nel loro splendore originale. Si è perchè l'atmosfera del Sole è meno calda che il globo che essa avvolge, che le varie sorta di vapori che quella costituiscono prendono più di quanto dànno, assorbono più luce di quanta esse siano capaci di emetterne; se si elevassero fino alla temperatura del Sole medesimo, i loro poteri di emissione e d'assorbimento verrebbero portati precisamente al medesimo livello, e le migliaia di raggi oscuri dello spettro solare sarebbero immediatamente obliterate». Seguendo ancora miss Clerke esporremo qualche nozione sugli spettri luminosi che varrà a facilitare l'intelligenza delle scoperte che dovremo menzionare in séguito. Lo spettro di un corpo che emette luce non è altro che questa luce, scomposta dalla rifrazione e distesa in una lucente fascia variopinta, che dal rosso cupo, passando pel cremisi, arancio, giallo, verde, azzurro va al violetto cupo. La ragione di questo allargamento o dispersione, come dicono i fisici, è che i vari colori sono prodotti da vibrazioni dell'etere di differenti lunghezze d'onda, e di conseguenza si uniscono con diversi gradi di ritardo nell'attraversare il prisma che è di sostanza più densa dell'aria. Le più corte e

rapide vibrazioni (che sono quelle che producono in noi la sensazione che indichiamo col qualificativo di *violetto*), sono lanciate più lontano dalla loro originale direzione, od in altre parole, subiscono la più ampia *deviazione*; le onde più lunghe e più lente (quelle che generano la sensazione del *rosso*) procedono più dappresso alla loro direzione primitiva. Così i raggi del fascio, che altrimenti si combinerebbero in un fascio di luce bianca, sono dalla divergenza dei loro percorsi, dopo la rifrazione attraverso ad un prisma, separati così da formare un nastro colorato. Lo spettro *visibile* è prolungato invisibilmente alle due estremità da una lunga teoria di vibrazioni, o troppo rapide o troppo lente per colpire l'occhio sotto forma di luce, ma avvertibili a mezzo dei loro effetti chimici o calorifici. Tutte le sostanze liquide o solide ed anche i gas incandescenti sotto grandi pressioni, dànno ciò che è detto uno *spettro continuo*; vale a dire la luce emanante da essi contiene tutti i colori concepibili. Separate dal prisma, quelle tinte sfumano, si fondono impercettibilmente l'una nell'altra, senza discontinuità, non intersecate da spazi oscuri. Ma i gas ed i vapori resi incandescenti dal calore alle ordinarie pressioni, emettono solo raggi di poche tinte, che conseguentemente formano uno spettro discontinuo, consistente di tratti luminosi separati da spazi oscuri. E poichè questi raggi sono perfettamente distinti e caratteristici — essendo essi diversi per ogni sostanza — è facile il dire quale sia la sostanza che li produce. Noi possiamo supporre che le particelle inconcepibilmente minute che colle loro vibrazioni agitano il mezzo etereo così da produrre luce, sono libere di emettere il loro tono particolare di vibrazione soltanto quando si librano sciolte l'una dall'altra in forma gassosa; ma quando sono ammassate assieme in una massa condensata, il tintinnìo chiaro della nota distintiva è annegato, per così dire, in un fracasso molecolare universale. Quindi l'analisi prismatica non riesce ad identificare la specie individuale delle sostanze, se non quando esse si presentano allo stato di vapori incandescenti. Si dice che uno spettro è *rovesciato* quando le linee che prima si vedevano lucide sopra un fondo

oscuro appaiono oscure sopra un fondo chiaro. In questa forma esso è ugualmente caratteristico della composizione chimica, quanto lo spettro *diretto*, che è dovuto all'emissione, come l'altro lo è all'*assorbimento*. Secondo la legge di Kirchhoff l'assorbimento e l'emissione sono strettamente correlativi. La forma delle linee lucenti o scure dello spettro non ha nulla a che fare colla natura del fenomeno, essa dipende dalla forma dell'apertura attraverso alla quale la luce giunge al prisma. Sopra questi principii si fonda l'analisi spettroscopica della luce dei corpi celesti, che consente di conoscere di quali sostanze essi siano costituiti ed in quale stato fisico esse si trovino. L'analisi spettroscopica ci dà queste cognizioni per i corpi che brillano di luce propria; nulla ci può insegnare circa gli astri che, come i pianeti ed i loro satelliti, brillano soltanto riflettendo la luce solare. Non possiamo qui, neppure, accennare alla costituzione degli apparecchi detti *spettroscopii*, che servono ad analizzare la luce degli astri giungente ad essi dopo aver attraversato l'obiettivo di un cannocchiale o riflessa dallo specchio concavo dei telescopii a riflessione.

La seconda metà del secolo decimonono vide nascere e svilupparsi non solo la spettroscopia celeste, ma anche la fotografia celeste. Nel 1845 Foucault e Fizeau poterono ottenere col procedimento detto di daguerotipia un'imagine del Sole, preceduti forse per la Luna dall'americano Draper; nel 1850 Bond ottenne un'imagine della Luna. Ma l'inizio vero della fotografia astronomica deve riferirsi al 1853 quando De La Rue fotografò la Luna col procedimento al collodio, e costrusse per l'osservatorio di Kew in Inghilterra un apparecchio per fotografare il Sole (fotoeliografo). Nel 1876 Huggins adoperò per la prima volta le lastre secche colla gelatina. Dopo d'allora l'applicazione della fotografia ai corpi celesti andò sempre più allargandosi, seguendo i progressi della chimica ed ottica fotografiche; importantissimo fra questi è la scoperta dello *spettroeliografo* di Hale per lo studio dei fenomeni solari. Più avanti toccheremo, per quanto ce lo consente

lo spazio, delle scoperte fatte coi mezzi d'investigazione che abbiamo enumerati, e nulla più.

Qui vogliamo ancora menzionare un principio, che consente di scoprire se un astro si avvicini o si allontani dalla Terra.

Si è ancora lo spettro di una sorgente luminosa che ci consente di verificare se la sorgente e l'osservatore sono in moto relativo, ossia se l'osservatore si allontana od avvicina alla sorgente di luce (o, il che fa lo stesso, questa da quello) e ciò a mezzo di spostamenti che si avvertono nelle linee dello spettro; i quali ci consentono di ricavare con sicurezza la velocità relativa della sorgente e dell'osservatore. E' indispensabile il chiarire questo principio: per ciò fare ci serviremo del paragone, usato da tutti, della luce col suono; pur rammentando che le vibrazioni delle particelle dell'aria che producono la sensazione del suono sono longitudinali, vale a dire, avvengono nella direzione stessa della propagazione del suono; mentre le vibrazioni delle particelle dell'etere che ci dànno la sensazione della luce, si fanno normalmente alla direzione di propagazione della luce, e che la velocità della luce è un milione di volte maggiore di quella del suono, che è di circa 300 metri al minuto secondo.

Nel 1843 Cristiano Doppler, professore di fisica a Praga, pubblicò un lavoro sui colori delle stelle doppie, nel quale egli cercò di dimostrare che quei colori, spesso ben distinti, sono prodotti dal movimento di questi corpi celesti, e che se il movimento si fa verso la Terra, la luce dell'astro che altrimenti sarebbe bianca si tinge di rosso, mentre se è di scostamento dalla Terra, il bianco volge all'azzurro. Doppler, che dedusse il suo concetto non dall'analogia col suono, ma da puri concetti meccanici, doveva invocare per giustificarlo nei corpi celesti velocità grandissime, ed il suo principio era inapplicabile: da esso il fisico francese Fizeau nel 1848 ricavò l'enunciato esatto ed applicabile alla pratica.

Quando in un treno diretto si attraversa una stazione ferroviaria nella quale tintinna il campanello elettrico avvisatore, si può avvertire che il suono di

esso si abbassa repentinamente e disarmonicamente: lo stesso abbassamento si può constatare quando, fermi stando sul marciapiede di una stazione, una locomotiva passa rapidamente fischiando. Anche collo squillo del campanello di una bicicletta spinta a corsa vertiginosa succede la stessa cosa. La spiegazione di quel fenomeno non è difficile. Immaginiamo di trovarci ad una distanza di 300 metri da una sorgente sonora, che compia esattamente 400 vibrazioni al minuto secondo: il suono percorre quella distanza esattamente in un minuto secondo. Se ora noi procediamo con una velocità di 30 metri al secondo verso la sorgente (velocità di taluni treni direttissimi) noi andiamo incontro alle onde sonore, quindi queste si muovono rispetto a noi più rapidamente che non rispetto ad un corpo in riposo, e precisamente con una velocità relativa di 330 metri al minuto secondo, che è di un decimo superiore a quella assoluta. Pertanto durante il movimento penetra nel nostro orecchio un numero di vibrazioni superiore di un decimo a quello che vi penetrerebbe se noi fossimo fermi, cioè non 400, ma 440 nel minuto secondo, ed in tal proporzione si è accresciuta l'altezza del suono, poichè un suono è per noi tanto più elevato quanto è maggiore il numero delle vibrazioni che in un minuto secondo penetrano nel nostro orecchio. L'opposto sarebbe accaduto se noi con eguale velocità ci fossimo allontanati dalla sorgente sonora, ed il suono sarebbe divenuto in egual misura più basso. Evidentemente quei fatti si producono identicamente tanto quando è l'osservatore che si muove rispetto alla sorgente, come quando è questa che si muove rispetto a quello: il fenomeno non dipende quindi che dal rapporto della velocità del suono a quella del moto; ed esso fu verificato anche sperimentalmente.

Veniamo ora alla luce. Se una sorgente luminosa d'un sol colore, monocromatica, e che è prodotta da vibrazioni d'una data lunghezza d'onda e compie in un minuto secondo un dato numero di vibrazioni, si allontana da noi con una data velocità, allora il numero delle vibrazioni che in un minuto secondo colpiscono l'occhio dell'osservatore fermo, sarà minore che nel caso in cui la

sorgente luminosa fosse pure ferma. Ora si sa che la sensazione del colore dipende dal numero delle vibrazioni che in un dato istante feriscono il nostro apparecchio visivo, e si hanno sensazioni che vanno dal violetto al rosso col decrescere di quel numero: nel caso supposto, pertanto, del movimento della luce monocromatica questa si volgerà al rosso, e ciò tanto più rapidamente quanto più celeremente la sorgente luminosa si allontanerà da noi. Se invece la sorgente luminosa monocromatica si accosta a noi, il suo colore tenderà a farsi violetto. Anche qui i fatti si ripeteranno senza variazione quando sia in moto l'osservatore e ferma la luce. Ma ben altrimenti procedono le cose se la sorgente luminosa emette luce bianca, che è composta di tutte le tinte, in cui cioè si hanno differenti lunghezze d'onda e numeri di vibrazioni, e che sono quindi variamente rifrangibili. Nel caso della luce bianca, quando la sorgente si accosta, ogni specie di raggi si muta bensì tendendo verso il violetto, ma se si decompone con un prisma la luce, l'aspetto del suo spettro non ha mutato, poichè il rosso che è trapassato all'aranciato viene sostituito dall'ultra-rosso ed il violetto è divenuto l'invisibile ultra-violetto. Nessun mezzo sperimentale ci informa di variazioni nello spettro, e quindi per il nostro occhio rimane invariata anche la tinta della sorgente luminosa. Il concetto di Doppler è quindi fallito completamente nella sua applicazione alle stelle doppie; pur astraendo da ciò che anche nel caso di luci monocromatiche si richiederebbero velocità enormi per produrre il cambiamento di tinta, Fizeau ebbe il geniale intuito di riconoscere che lo spostarsi reciproco dell'osservatore e del suo prisma e della sorgente luminosa aveva per effetto di far variare il numero delle vibrazioni che in un minuto secondo urtano il prisma, e con esso la corrispondente lunghezza d'onda. Col variare di questa, cambiavano quindi, anche, la rifrangibilità dei singoli raggi e la loro deviazione nello spettroscopio e, pertanto, la posizione delle linee dello spettro. Perciò, pur rimanendo invariato lo spettro continuo di una sorgente luminosa in moto, le sue linee o luminose od oscure vengono spostate rispetto alla loro posizione corrispondente

alla sorgente ferma. Dopo ciò il principio Doppler-Fizeau si può enunciare come segue nella sua essenziale applicazione all'astronomia: quando un astro si avvicina all'osservatore, tutte le linee dello spettro della sua luce sono spostate verso il violetto; se per contro l'astro si allontana, lo spostamento succede verso il rosso. Lo spostamento delle linee è tanto maggiore quanto più grande è la velocità colla quale l'astro si accosta o recede dall'osservatore.

Se quindi si riesce a misurare il detto spostamento delle linee rispetto alla loro posizione corrispondente al riposo, e ciò si eseguisce oggidì effettivamente con appositi delicatissimi apparecchi, si potrà da esso con calcoli semplici, conoscere non solo se un astro si avvicina o s'allontana da noi, ma altresì la sua velocità, ossia il numero di chilometri che nel suo moto lungo la visuale esso percorre in un minuto secondo. Nello stato odierno di questo nuovissimo ramo dell'astrofisica, non si possono ottenere che risultati assai poco approssimati.

Fatti così alla buona ed alla spiccia edotti dei mezzi d'indagine posseduti dalla moderna astronomia, potremo riprendere la sommaria narrazione dello svolgimento della scienza degli astri senza doverci indugiare sui particolari e sui mezzi coi quali le scoperte vennero fatte.

12. — **Isacco Newton.**

Galileo Galilei, col rivolgere pel primo al cielo il cannocchiale, iniziò l'astronomia moderna di osservazione; Newton, scoprendo la legge della gravitazione universale, creò la meccanica celeste alla quale Keplero aveva stabilito la base saldissima delle sue famose tre leggi.

Newton nacque a Woolsthorpe nel Lincolnshire in

Inghilterra, il 25 dicembre 1642 (*vecchio stile*) (1): essendo, come Keplero, nato anzi tempo, si temette non fosse destinato a vivere, invece egli campò fino ad 85 anni, e morì il lunedì 20 marzo 1727. Lasceremo qui interamente da banda le sue scoperte fisiche e matematiche; diremo solo e brevemente di quelle astronomiche. Cardine di esse fu l'aver trovato la legge della gravitazione universale; essa si enuncia così: due particelle qualunque di materia si attraggono con una forza che è direttamente proporzionale alle loro masse ed inversamente al quadrato della loro distanza. Facciamo un esempio: siano due particelle di materia possedenti rispettivamente due masse che indicheremo rispettivamente con m ed n e sia r la loro distanza; la forza d'attrazione sarà data dalla frazione $\frac{m \times n}{r^2}$, quando le unità che valgono ad esprimere m,n ed r siano scelte convenientemente; se $r = 1, 2, 3 ...... 10$ metri, l'attrazione sarà successivamente $m.n$; $\frac{m.n}{4}$; $\frac{m.n}{9}$; .... $\frac{m.n}{100}$. I tempi erano maturi per la scoperta di questa legge, e Newton ebbe il genio e la fece. Keplero, come narrammo, aveva con meravigliosa sagacia, scoperto le leggi che regolano i movimenti dei pianeti, ed i pensatori sentivano più o meno vagamente che la spiegazione di quelle leggi, non meno che di molti altri fenomeni, doveva in qualche modo essere cercata in connessione col potere attraente della materia. Nel 1666 Newton principiò a meditare su quell'argomento. Qualunque sia l'opinione circa la leggendaria storia della mela che, cadendo, suggerì al nostro filosofo l'idea di estendere ai corpi celesti quella forza, che la caduta della mela dimostra esercitarsi dalla Terra sui corpi pesanti

---

(1) Si dicono date del *vecchio stile* quelle contate seguendo il calendario giuliano, che era in uso prima della riforma gregoriana del calendario. Questa fu istituita nel 1582, ma non fu subito adottata in tutti i paesi, ed ai tempi in cui nacque Newton non lo era ancora in Inghilterra, ove non lo fu che nell'anno 1752.

lasciati liberi (1), è in ogni caso certo che quella storia è un'eccellente illustrazione della linea di ragionamento, che il nostro filosofo dovette seguire. L'estendere ai corpi celesti l'attrazione che noi vediamo essere esercitata dalla Terra sui corpi pesanti lasciati liberi, a qualunque distanza dal suolo siano essi situati, fu il primo passo verso la scoperta, alla quale Newton giunse con un'abilità ed una genialità matematiche insuperabili: e man mano armato poi della sua legge, il sommo inglese riuscì a chiarire i moti dei pianeti e della Luna non solo, ma molti fenomeni presentati dalla Terra, la precessione degli equinozii, le maree, la forma schiacciata ai poli che la Terra ha. Per verificare la sua teoria, Newton doveva impiegare la lunghezza del raggio terrestre: ora essa, a' suoi tempi non era conosciuta con esattezza, di guisa che i risultati che egli ottenne, non concordavano: Newton fu da ciò indotto a riguardare la sua teoria come falsa, e l'abbandonò; ma nel 1682, quando furono pubblicati i risultati ottenuti in Francia da Picard, che assegnavano al raggio terrestre una lunghezza molto vicina al vero come già dicemmo, Newton fece rifare con essa i suoi calcoli e questa volta l'accordo fu perfetto e la legge della gravitazione universale si trovò verificata esattamente. Questa legge, la sua deduzione e dimostrazione, le sue applicazioni ai fenomeni celesti furono raccolti in un libro latino che aveva il titolo *Principii matematici di filosofia naturale*. Circa il modo con cui avvenne la stampa di questo libro immortale, vedasi quanto dicemmo più sopra. Detta opera è una delle più preziose conquiste della mente umana, e costituisce il massimo ed imperituro titolo di gloria per il suo autore.

---

(1) I sensi ci dicono che la mela cade a terra: ma la mente ci avverte che ciò è a cagione dell'enorme preponderanza della massa terrestre su quella della mela, e che in virtù del grande principio di meccanica pure scoperto da Newton, che l'azione è uguale e contraria alla reazione, anche la Terra cade verso la mela, ma in modo impercettibile per noi.

L'ASTRONOMIA
da Galileo e Newton ai nostri giorni

Da Galileo e Newton l'astronomia era stata fornita delle più potenti armi per dare veramente la scalata al cielo e scrutarne i misteri: il sistema Copernicano si era poco per volta fatto strada, ed adottato ormai generalmente era la base sulla quale doveva elevarsi poco per volta il grandioso edifizio dell'astronomia odierna.

I componenti il sistema solare noto ai tempi di Newton, finivano con Saturno. Nel 1781, Guglielmo Herschel (1738-1822) astronomo d'origine tedesca, stabilito in Inghilterra, scopriva al di là di Saturno un pianeta, al quale, seguendo l'avviso di Bode (1747-1826) fu imposto il nome di Urano; di esso Laplace pubblicò nel 1783 i dati od elementi, che valgono a determinarne l'orbita intorno al Sole. Nel 1787, Herschel stesso scopriva ad Urano due satelliti, che presentano la strana singolarità di muoversi in piani pressochè perpendicolari al piano dell'eclittica ed in senso *retrogrado,* vale a dire da oriente ad occidente. Tutti i grandi pianeti, al pari della Terra, si muovono in senso diretto, cioè da occidente ad oriente. Herschel osservava con istrumenti che egli stesso con rara abilità si costruiva, ed erano telescopii a riflessione; e la massima parte delle scoperte nell'universo stellato che gli fu dato compiere, venne fatta con un gigantesco cannocchiale di tal genere, da lui condotto a compimento nel 1783.

Nel 1766 l'astronomo Titius aveva annunziato una legge collegante fra loro le distanze dei pianeti dal Sole, in base al sistema Copernicano, che poi fu divulgata dal prof. Bode e che da costui prese il nome. La legge di Bode si esprime a questo modo: a fianco del nome di ciascun pianeta si scrivano la cifra 4, e poi si aggiunga in successione le cifre 0, 3, 6, 12, 24, 48 e si avrà la tavola seguente, che Bode diede fino a Saturno, ma che qui è completata fino a Nettuno, pianeta del quale racconteremo la scoperta, trattando dell'astronomia nel secolo decimonono.

Pianeti	Serie	Distanza reale	Differenza
Mercurio	4 + 0 = 4	3,9	0,1
Venere	4 + 3 = 7	7,2	0,2
Terra	4 + 6 = 10	10,0	0,0
Marte	4 + 12 = 16	15,2	0,8
Piccoli pianeti	4 + 24 = 28	15 — 43	—
Giove	4 + 48 = 52	52,0	0,0
Saturno	4 + 96 = 100	95,4	4,6
Urano	4 + 192 = 196	191,8	4,2
Nettuno	4 + 384 = 388	300,5	87,5

La distanza della Terra dal Sole è presa come eguale a 10.

In sul finire del secolo decimosettimo il sistema solare si era, mercè il cannocchiale, accresciuto di alcuni piccoli corpi, i satelliti di Saturno: Huygens scopriva *Titano* il 25 marzo 1655: Gian Domenico Cassini il 21 marzo 1684 *Teti* e *Dione*, il 25 ottobre 1671 *Giapeto* ed il 24 dicembre 1672 *Rea*.

Agli antichi che osservavano ad occhio nudo Saturno, colla sua luce plumbea e tranquilla appariva loro non diversamente dagli altri pianeti: come un piccolo dischetto luminoso sul fondo nero del cielo. Galileo, pel primo, vi scoprì col suo cannocchiale, « un'altra stravagantissima meraviglia », come egli scriveva. Nascose da prima, come da taluni dotti solevasi a quel tempo, la sua scoperta in un enimma od anagramma: *Salve umbistineum geminatum Martia proles*, che voleva essere letto così: *Altissimum planetam tergeminum observavi.* Galileo era persuaso, dietro le sue osservazioni, che il pianeta Saturno fosse com-

posto di tre astri vicini, benchè le varie apparenze sotto cui lo vedeva in epoche diverse, lo rendessero altamente perplesso. Questi differenti aspetti si spiegano ora completamente, dacchè sappiamo che Saturno è circondato da un meraviglioso anello. Questa scoperta fece Huygens, nascondendola egli pure in uno strano logogrifo, la cui spiegazione era la seguente: *il pianeta è circondato da un sottile anello piatto inclinato all'eclittica, ma che in nessun luogo tocca il corpo del pianeta*; e dimostrò nella sua opera *Systema Saturnium*, pubblicata nel 1659, che la sua affermazione rendeva ragione di tutti gli aspetti del pianeta, e predisse che, intorno al luglio ed agosto 1671, l'anello sarebbe scomparso a cagione della posizione del pianeta rispetto alla Terra, e che Saturno si sarebbe mostrato, anche nei più forti cannocchiali d'allora, perfettamente circolare: il che avvenne effettivamente nel maggio di quell'anno. Oggi, noi siamo in grado di predire le epoche delle scomparse dell'anello di Saturno con precisione molto maggiore; ma per i primordi di quegli studi, la predizione, così come avvenne, fu considerata quale era, una irrefragabile prova della scoperta di Huygens.

Nel 1665 l'inglese William Ball e nel 1675 Cassini scoprirono sulla superficie dell'anello una linea scura, che più tardi Maraldi trovò essere una spaccatura che divide l'anello in due parti; come molto più tardi confermò Guglielmo Herschel con uno studio completissimo dello strano pianeta. Gian Domenico Cassini fu il primo direttore dell'Osservatorio Astronomico di Parigi, che era stato fondato nel 1666.

13. — **Il sistema solare dall'invenzione del cannocchiale al 1800** (1).

Dopo l'invenzione del cannocchiale cominciò lo studio fisico dei corpi celesti, e segnatamente quello della Luna e del Sole e di alcuni pianeti.

---

(1) Il Sole verrà trattato in un capitolo a parte.

Aristotele già sapeva che la Luna rivolge sempre verso la Terra la medesima porzione del suo globo, e Plutarco lasciò su questo fatto scritto un opuscolo intitolato: *Della faccia che si vede sul disco della Luna*; e Dante ciò conosceva benissimo come appare da vari suoi versi. Causa di questo fenomeno è l'essere la durata della rotazione della Luna, sopra sè stessa, eguale a quella della sua rivoluzione attorno alla Terra; come accade al ragazzetto che, attaccatosi colle braccia tese ad un alberetto, vi gira attorno in tale posizione, sempre a quello rivolgendo il volto. Noi però della Luna scorgiamo alquanto più della metà, in virtù del fenomeno della *librazione apparente od ottica*. Questa librazione consta di tre parti, la librazione diurna, la librazione in latitudine ed in longitudine, che sono ben spiegate nei trattati di astronomia. Galileo, per il primo, avvertì la librazione diurna e ne parla nel suo libro sui *Massimi Sistemi*: egli notò anche la librazione in latitudine, e da Arcetri presso Firenze, ove egli era relegato, ne scriveva al suo amico Alfonso Antonini, in una lettera in data 10 febbraio 1637. La librazione in longitudine fu scoperta da Riccioli e da Evelio: questi la spiegò nel 1648, a mezzo di una variazione dell'eccentricità dell'orbita lunare; Riccioli respinse questa spiegazione perchè gli dava per la librazione un valore troppo grande: Cassini e Newton l'adottarono. Tralasciamo di discorrere della *librazione fisica* supposta teoricamente, come conseguenza di una non perfetta uniformità del moto di rotazione della Luna sopra sè stessa; questione che per sua natura eccede i limiti delle cognizioni da noi presupposte nei lettori di questo povero libretto: di essa si occuparono i primissimi matematici ed astronomi del finire del secolo decimottavo e del secolo decimonono, arrivando concordi a questa conclusione, che lo spostamento del disco lunare prodotto dalla *librazione fisica*, è così tenue da non poter venire avvertito che a mezzo delle osservazioni più minute. In virtù della librazione apparente della Luna, noi scorgiamo qualche cosa più della metà del suo globo, circa i $^4/_7$.

Riccioli (Giovan Battista, da Ferrara; 1598-1671)

appartenne alla Compagnia di Gesù, fu uno dei più accaniti avversari del sistema Copernicano, come verità; mentre come ipotesi lo chiamò il più bello, il più semplice ed il meglio immaginato dei sistemi. Si ha di Riccioli una grandiosa opera l'*Almagestum Novum*: in essa sosteneva la necessità della riforma gregoriana del calendario; ma con argomenti così puerili, che enormemente disdicono in un'opera che contiene per altri rispetti non poco di buono.

Veniamo ora ad Evelio poc'anzi nominato, che fu il fondatore della selenografia, ossia di quel ramo della astronomia che si occupa della descrizione della Luna. Hevelius (da Danzica; 1611-1687) è il nome latinizzato Hevel od Hevelke; fu astronomo osservatore di rara abilità, nonchè disegnatore ed incisore valentissimo al bulino su rame, e per soprapiù meccanico così abile da riuscire egregiamente nella costruzione dei cannocchiali: quelli coi quali osservava, erano opera delle sue mani. Non si acconciò però mai ad adoperare il micrometro, che Huygens aveva in quel turno immaginato, e ciò malgrado le rimostranze di Halley: le sue osservazioni istituite per compilare un catalogo di stelle erano peraltro sì esatte, da non differire che di pochi secondi d'arco da quelle istituite cogli strumenti più precisi muniti degli apparecchi di misura allora meglio perfezionati. Evelio disegnò una carta della Luna, e la incise egli stesso sul rame, e quella carta lunare fece per molto tempo testo su tale argomento.

Si narra che il papa Innocenzo X così parlasse col padre Zucchi del lavoro di Evelio. « L'opera di Evelio è impareggiabile; peccato che il suo autore sia eretico ». I posteri hanno confermato quell'elogio, e la carta di Evelio rimase insuperata fino al 1820, quando comparve quella del Lohrmann. Evelio non solo disegnò l'aspetto della Luna, ma impose dei nomi alle principali configurazioni di essa, adottando il nome di *mare* per quelle macchie che al suo occhio raffiguravano qualche cosa d'analogo ai mari terrestri. Poche delle sue denominazioni sono rimaste; esse vennero sostituite da quelle adottate da Riccioli per la carta lunare disegnata dal P. Grimaldi, come lui gesuita, che egli inserì nel suo *Almagesto Nuovo*. Si

occuparono con successo dello studio dell'aspetto della Luna, Gian Domenico Cassini, La Hire (1640-1714) anch'egli astronomo e disegnatore abilissimo.

Nel suo citato libro sulla faccia della Luna, Plutarco scrive: *pensiamo che la Luna sia aperta da grandi profondità e rotture*; ma pare che prevalesse l'opinione che la Luna fosse un globo sferico perfettamente liscio, poichè Galileo afferma che così pensava la *grande coorte dei filosofi*. Galileo dimostrò scientificamente che l'opinione prevalente non era conforme al vero, e che la Luna era ovunque aspra, irta di sollevamenti, monti e catene montuose. Inoltre nel *Nuncius Sidereus* e nella sua lettera al Padre Grienberger sulle *montuosità della Luna*, insegnò il modo di misurarle, e spiegò come per la distanza che ci separa dalla Luna, avvenga che quando essa è piena, il suo disco non ci appaia irto di cuspidi e frastagliato. Galileo giunse alla conclusione che le montagne della Luna sono molto più elevate di quelle della Terra, ma quando fu ben stabilito a quale piano di paragone si dovesse riferire l'altezza dei monti lunari, le conclusioni di Galileo, che erano state accolte e confermate apparentemente da osservazioni non esatte di Evelio e Riccioli, risultarono non conformi al vero.

Il senatore Celoria descrive come segue l'apparenza della *luce cinerea*. « Già all'occhio nudo, per alcuni giorni prima e alcuni dopo il novilunio, la parte del disco lunare non direttamente illuminata dal Sole appare coperta di una luce grigio-cenere, un po' pallida; tale però da poter essere facilmente distinta dal fondo azzurro del cielo sul quale si proietta. A lato della falce lunare sottile e splendente appare, come sotto un velo cinereo, il rimanente del disco terminato da un contorno regolare e distinto, e che per un effetto di irradiazione, sembra appartenere ad una sfera di raggio minore, che non quella a cui si direbbe appartenga il contorno esterno della falce luminosa ». I cannocchiali non solo confermano quest'apparenza, ma attestano che essa dura più a lungo di quanto l'occhio nudo non riveli. Le prime nozioni esatte di quell'apparenza che è detta luce cinerea della Luna, sono da Keplero attribuite al suo maestro Maestlin

(1550-1631). Galilei nel *Nuncio Sidereo* parla di luce solare riflessa dalla Terra, ed illuminante la Luna, quasi di cosa da sè scoperta anni addietro: ma ben un secolo prima di Keplero e Galilei, la spiegazione della luce inviata dalla Terra alla Luna, ed illuminante questa così da produrre l'aspetto della luce cinerea, non era sfuggita al versatile ingegno di Leonardo da Vinci (1452-1519) che cercò anche di spiegare la scintillazione delle stelle.

Avvertimmo già nel capitolo che tratta dell'istoria del cannocchiale che Galileo aveva scoperto le macchie del Sole; scoperta che diede luogo ad una grande disputa di priorità; ed aveva dimostrato che esse non potevano essere pianeti o corpi estranei al globo solare. Contesero al Galilei la priorità della scoperta delle macchie solari il padre Scheiner in Germania, l'Harriot in Inghilterra e Fabricius in Olanda: ma la controversia rimase indecisa, come tutte le analoghe. Oltre le macchie oscure, Galilei avvertì sul Sole delle macchie bianche; *piazzette più chiare del resto*, che sono quelle che oggidì si dicono *facole*, denominazione introdotta dal padre Scheiner nella sua opera intitolata *Rosa Ursina*. Galilei e Scheiner scoprirono anche, a mezzo dell'osservazione delle macchie e delle facole, che il Sole ruota sopra sè stesso da occidente ad oriente; la durata di questa rotazione, fu fissata dall'uno in 29 dall'altro in 27 giorni; Scheiner da queste dedusse quella vera di 25 giorni, tenendo conto del movimento della Terra lungo l'eclittica. A risultati concordanti coi precedenti giunse Cassini, che fu il primo ad abbozzare una teoria del Sole, come vedremo a suo luogo.

14. — **Scoperte varie sui pianeti.**

Nel 1665, Domenico Cassini, servendosi di un eccellente cannocchiale costrutto da Campani, celebre ottico di Roma, potè scorgere le ombre che i satelliti di Giove proiettano sul disco del pianeta quando passano fra esso ed il Sole, e per il primo distinse queste ombre o macchie oscure passeggere dovute ai satelliti, da chiazze oscure, quasi fisse sul disco del pianeta e che sono a questo

inerenti e dette perciò le *macchie di Giove*. Questa scoperta fu fatta a Montecitorio in Roma, ove Campani aveva il suo laboratorio. Osservando le macchie che egli aveva scoperto, Cassini trovò che Giove ruota attorno al proprio asse da occidente ad oriente in poco meno di dieci ore; l'asse di rotazione di Giove è quasi perpendicolare al piano dell'orbita che esso pianeta descrive attorno al Sole. Cassini osservò pure che Giove è un globo schiacciato alle estremità del suo asse di rotazione (poli): questa scoperta è di particolare importanza nell'istoria dell'astronomia, per l'influenza che esercitò sulle meditazioni di Newton sulla figura della Terra.

Gli astronomi italiani: Fontana nel 1636, il padre Zucchi nel 1640 ed il padre Bartoli nel 1644, scoprirono sopra Marte delle macchie più permanenti e fisse di quelle di Giove. Ma solo nel 1666 Domenico Cassini determinò il movimento di rotazione di Marte, a mezzo di osservazioni istituite a Bologna: movimento che procedendo da occidente verso oriente, si compie in 24 ore e 37 minuti circa. Nell'anno medesimo Cassini scoprì una prima macchia sul disco di Venere, e nel 1667 ne determinava la durata della rotazione in 24 ore circa. Come vedremo, questo valore fu messo in dubbio da Schiaparelli nell'ultimo quarto del secolo decimonono.

Certe apparenze luminose osservate da Cassini sul disco di Saturno, gli fecero sospettare che anche questo pianeta ruoti attorno ad un asse, ma non ottenne alcun risultato concludente. La durata della rotazione di Saturno non fu determinata che nel 1789 da Herschel: essa è di 10 ore, 14 minuti, 24 secondi: quella di Mercurio non lo fu che verso il 1801 da Schröter e Harding, che la trovarono di 24 ore e 5 minuti. Schiaparelli, e lo vedremo più avanti, ha sollevato dei dubbi anche su questo valore.

Le fasi di Venere erano state scoperte da Galileo, quelle di Mercurio furono notate in Napoli dal gesuita Zupus nel maggio del 1639, e poi da Evelio in Danzica il 22 novembre 1644. Per la sua vicinanza al Sole, Mercurio è difficilmente osservabile, e Copernico stesso, ancora sul suo letto di morte, rimpiangeva di non averlo mai potuto vedere.

15. — Distanze e dimensioni dei componenti il sistema solare.

Abbiamo già tenuto parola dei metodi coi quali si giunse alla conoscenza del raggio terrestre e della distanza della Terra dal Sole; dobbiamo ora discorrere di volo dell'acquisto delle cognizioni intorno alle distanze ed alle dimensioni dei corpi che compongono il sistema solare. Queste dimensioni si deducono geometricamente a mezzo della distanza di ciascun pianeta e del loro diametro apparente, che è l'angolo sotto il quale il disco di ciascuno di essi è veduto dalla Terra. Occorre quindi, prima di tutto, determinare la distanza di ciascun pianeta. Tolomeo si dichiarava ancora incapace di stabilire quale fosse in distanza dalla Terra l'ordine dei pianeti: egli situava Venere e Mercurio fra la Luna ed il Sole, poichè egli voleva separare questi pianeti, che nel loro percorso apparente fra le stelle non si allontanano mai angolarmente dal Sole oltre un certo limite, dagli altri che possono distarne di qualunque angolo. I pianeti Mercurio e Venere si dicono *pianeti inferiori* o *interni*, che stanno fra la Terra ed il Sole, gli altri *pianeti esterni* o *superiori*. Gli astronomi arabi andarono più avanti di Tolomeo, misurarono i diametri apparenti dei pianeti a loro noti, ed avendo anche ottenuto valori per le loro distanze, poterono calcolare i loro diametri reali; naturalmente i loro calcoli sono discordi e spesso lontani dal vero; ciò derivava dall'inesatta conoscenza che avevano della distanza della Terra dal Sole, che è il cardine di tutti quei computi. E ciò fu causa anche che in fatto di lunghezze, distanze e dimensioni dei corpi celesti, non si riuscisse a risultati attendibili se non dopo l'invenzione del cannocchiale e degli apparecchi di precisione per la misura degli angoli.

Gli antichi, i filosofi e gli astronomi del Medio Evo e fino verso il finire del secolo decimosettimo credevano che la luce si propagasse attraverso allo

spazio con una velocità infinitamente grande, così che noi vedessimo il cielo quale esso è veramente nel preciso istante in cui lo guardiamo. Ciò non è, e la luce cammina con velocità grandissima, ma non infinitamente grande; e questa scoperta di capitale importanza fu fatta dall'astronomo danese Olaus Römer (1644-1710), che dimorava allora a Parigi, ove l'amicizia dell'astronomo Picard gli aveva procurato una splendida posizione scientifica. Per intendere la scoperta di Römer bastano un ragionamento molto semplice ed alcune facili nozioni. Giove, come tutti gli altri pianeti, ed i rispettivi satelliti e la Luna, risplendono unicamente perchè riflettono la luce del Sole che li illumina; inoltre Giove, del pari che ogni corpo illuminato da una parte, ha dalla parte opposta un cono d'ombra. Ora, i quattro satelliti di Giove, noti ai tempi di Römer, circolano intorno ad esso in orbite poco inclinate rispetto all'eclittica ed all'equatore del pianeta, e le percorrono in intervalli di tempo assai più brevi di quello che la Luna impiega a descrivere la sua orbita attorno alla Terra; di guisa che, dato anche il grosso volume del pianeta, quasi ad ogni rivoluzione si eclissano, vale a dire entrano nell'ombra di quello: i tre più interni sempre in ogni rivoluzione. Ora ricordiamo che Giove (come ogni pianeta) dicesi in *congiunzione* col Sole, quando, la Terra, il Sole e Giove, essendo quasi in linea retta, il Sole sta fra la Terra ed il pianeta, ed allora il pianeta dista dalla Terra di tutto il diametro dell'orbita di questa di più di quando esso è in *opposizione* col Sole; nel qual caso la Terra sta fra l'astro ed il Sole. Galileo aveva insegnato come si potesse trarre molto partito dalla osservazione delle eclissi dei satelliti di Giove per la determinazione della longitudine in mare. Quei satelliti erano quindi stati molto osservati, con tutta la esattezza consentita dagli strumenti astronomici di quel tempo, e se ne erano anche già calcolate delle tavole. Volendo perfezionare queste tavole, ed in particolare quelle calcolate da Domenico Cassini, Römer le venne confrontando coll'osservazione, e si avvide che gli istanti dell'occultamento dei satelliti osservati non potevano venir rappresentati da un movi-

mento regolare dei satelliti. Quando Giove era in opposizione col Sole, e quindi più vicino alla Terra, l'osservazione concordava col calcolo. Ma, man mano che la Terra, nel suo percorso intorno al Sole, veniva ad allontanarsi da Giove, le eclissi avvenivano sempre in ritardo sugli istanti calcolati, finchè nella circostanza della massima distanza di Giove dalla Terra quel ritardo toccava 22 minuti. Römer pensò giustamente che una tale irregolarità non poteva essere reale, particolarmente poichè essa si presentava nello stesso tempo ed in egual misura per tutti i satelliti, e che quindi essa irregolarità doveva venire attribuita al fatto che la luce doveva impiegare un certo tempo per venire da Giove alla Terra, vale a dire ad attraversare l'orbita terrestre. Da ciò egli calcolò che la luce doveva impiegare 11 minuti a percorrere la distanza della Terra dal Sole. Römer trovò 11 minuti a motivo della parallasse solare che egli adoperava, e che benchè la migliore fra quante ne erano state determinate, era ancora di circa cinque decimi di minuto secondo d'arco superiore alla vera, e quindi faceva il Sole più vicino di quanto realmente sia. Quella parallasse era stata dedotta dalle osservazioni di Richer e Cassini rispettivamente a Cajenna ed a Parigi (1). Il valore quindi che Römer dedusse dalle sue osservazioni per la velocità della luce era troppo piccolo; ma adottando valori più esatti della parallasse, si ottiene il valore esatto di circa 300.000 chilometri al minuto secondo.

La velocità della luce fu misurata anche a mezzo di esperienze, nelle quali naturalmente i corpi celesti non intervengono, e si ottennero valori che di poco si discostano da quello poc'anzi riportato di 300.000 chilometri al minuto secondo solare medio, nel vuoto. Ma il discorrere di queste determinazioni appartiene alla storia della fisica e non dell'astronomia.

---

(1) Per Richer vedasi il capitolo che tratta della misura della grandezza della Terra.

16. — Predizione delle eclissi di Sole e di Luna.

Sembra che i Cinesi abbiano molto per tempo posseduto delle regole per la predizione delle eclissi solari e lunari, che avevano molta importanza nelle loro pratiche religiose, e si racconta di due astronomi Hi ed Ho, del Celeste Impero, che vennero dannati a morte per non aver predetto a dovere un eclisse avvenuto verso il 2128 a. C. Ma quelle regole non si basavano sicuramente sopra teorie astronomiche o sulla conoscenza dei moti reali del Sole e della Luna, e del come questi movimenti si vedessero dai punti della Terra in movimento, ma erano state dedotte empiricamente dalla registrazione di molti eclissi. Abbiamo già accennato al *saros*, periodo che servì agli astronomi d'occidente alla predizione degli eclissi: ma già Ipparco e Tolomeo avevano cercato di ottenere dei metodi per quella predizione, che si fondassero sulle loro teorie del Sole e della Luna e sopra considerazioni geometriche. Ciò però riuscì soltanto a Keplero che immaginò il così detto metodo di proiezione, perfezionato poi con costruzioni geometriche dall'astronomo inglese Flamsteed (1646-1719) ed analiticamente dal francese Lacaille (1713-1762). Dopo quell'epoca molti e grandi astronomi attesero a perfezionare i metodi per la predizione degli eclissi, che oggi tocca una precisione meravigliosa, e fra essi Eulero, Lagrange, Littrow, Hansen, Bessel.

IL SISTEMA SOLARE

dal 1800 ad oggi [1]

Il secolo decimonono era destinato a raccogliere i frutti dei lavori eseguiti precedentemente, ed a portare la conoscenza dei movimenti degli astri e della loro costituzione materiale ad un grado di elevatezza superiore di molto a quello raggiunto dagli uomini prima di esso.

17. — Scoperta di nuovi Astri del sistema solare.

Scoperta dei piccoli pianeti. Il 1° gennaio 1801 (primo anno del secolo decimonono), GIUSEPPE PIAZZI (1746-1826) da Ponte Valtellina, osservò una stella; riosservatala nella notte successiva, egli constatò che aveva mutato di posizione fra le stelle così dette fisse. Egli dubitò potesse essere il pianeta, che secondo la legge di Bode, si riteneva dovesse circolare fra Marte e Giove, per la ricerca del quale si era costituita in Germania un'Associazione di ventiquattro astronomi.

---

(1) Ripetiamo che il Sole verrà trattato in un capitolo a parte.

Il suo movimento fu retrogrado fino all'11 gennaio 1801 e diretto dopo il 13. Piazzi cadde ammalato prima di aver potuto procurarsi il numero di osservazioni sufficienti a calcolare esattamente l'orbita dell'astro, e questo scomparve, reso invisibile dalla luce del Sole. Gauss (30 aprile 1777, 23 febbraio 1855) pubblicò un'effemeride approssimata delle posizioni che il pianeta avrebbe probabilmente assunte, quando sarebbe emerso dai raggi solari, ed il 31 dicembre 1801 De Zach (1754-1832) lo ritrovò e Piazzi gl'impose il nome di *Cerere*, dea tutelare della Sicilia. Il 28 marzo 1802, Olbers (1758-1840) scoperse un altro pianetino, che designò col nome di *Pallade*; un terzo venne trovato da Harding (1765-1834) in Lilienthal, il 2 settembre 1804, ed il quarto ancora da Olbers il 29 marzo 1807. Olbers, dopo le scoperte dei due primi asteroidi, basandosi sopra alcune circostanze del loro percorso celeste, aveva emesso l'idea che essi fossero frammenti di un primitivo pianeta situato al di là di Marte, e spezzatosi scoppiando nel remoto passato, o per l'azione di forze interne o per l'urto di una cometa. Ma questa supposizione, benchè sostenuta dalla formidabile autorità di Lagrange (1736-1813), non potè reggere alla difficoltà che le scoperte di molti altri pianetini le opposero; e così tramontò l'idea di Olbers, di una comune origine degli asteroidi. Nel 1845, per opera di un certo Hencke, ex-maestro di posta nella città prussiana di Driessen, ricominciò la scoperta degli asteroidi, che proseguita sempre di poi, condusse a formarne una schiera di circa 800. Il celeberrimo matematico Gauss che aveva calcolato le orbite dei due primi pianetini, a mezzo di un processo di calcolo detto dei minimi quadrati, pubblicò poi poco dopo una classica opera sul moto dei corpi celesti, intitolata *Theoria Motus Corporum Coelestium*, classica oggi e per sempre in astronomia.

Due soli astronomi italiani si occuparono di scoperte di pianetini: Annibale De Gasparis (1819-1892) che ne trovò nove, e Giovanni Schiaparelli (1835-1910), uno. Un astronomo tedesco, Guglielmo Tempel (1821-1889), che lavorò agli osservatorii di Brera in Milano e di Arcetri presso Firenze, ove trovò cinque comete e

molte nebulose, aveva prima del 1870, abitando a Marsiglia, scoperto quattro pianetini e dieci comete; egli era di professione incisore e coltivava l'astronomia per diletto.

L'impiego della fotografia nella ricerca degli asteroidi ha contribuito enormemente a portare il numero di quelli oggi noti al ragguardevole livello attuale: questo metodo fu insegnato dal dottor Max Wolf, attuale direttore dell'osservatorio di Heidelberg, che con esso scoprì per il primo fotograficamente un asteroide il 22 dicembre 1891, seguito poi da molti altri. Il metodo fotografico fu poi applicato su larga scala dal signor Charlois a Nizza; ed ora i pianetini sono esclusivamente cercati col metodo medesimo. Questo ha per base il fatto seguente. Quando si fotografa una data regione del cielo nella quale esiste un asteroide, si osserva che sulla lastra le stelle si dipingono come punti, poichè il cannocchiale, a mezzo di speciali congegni, segue il loro moto apparente, mentre l'asteroide a cagione del suo moto proprio, vi disegna una linea retta, la quale quindi ne rivela l'esistenza. Da una di queste linee il signor Witt all'osservatorio Urania in Berlino, il 14 agosto 1898, scopriva un asteroide, cui impose il nome di *Eros* e che merita fra tutti i suoi fratelli una menzione specialissima, poichè è quello che più si avvicina alla Terra, porgendo così un modo, forse il più preciso fra quanti se ne conoscono, per determinare la distanza della Terra dal Sole. A raggiungere tale intento molti osservatorii, si associarono per trar partito di quella favorevole circostanza che si verificò l'ultima volta nel 1900-1901; essa si ripeterà in guisa ancora più favorevole nel 1931. Il computo delle orbite di tutti gli asteroidi o planetoidi è onerosissimo, poi che occorre in quello tenere conto delle perturbazioni dei maggiori pianeti; per istituire simili calcoli con metodo e senza sciupar tempo, venne fondato in Berlino un apposito istituto, il *Rechnen Institut*, ed i risultati ne sono pubblicati nell'effemeride astronomica *Berliner Astronomisches Jahrbuch.*

18. — Nettuno e il suo satellite.

Dopo la scoperta di Urano nel 1781, si avvertì che gli astronomi l'avevano osservato molte volte precedentemente scambiandolo per una stella fissa. Nel 1790 Delambre (1749-1822), valendosi di tutte queste osservazioni, preparò delle tavole che servivano a calcolare le posizioni future di Urano. Per qualche tempo quelle tavole diedero numeri accordantisi coll'osservazione; ma giunse un'epoca nella quale le longitudini del pianeta dedotte dall'osservazione, non s'accordavano più con quelle che si ricavavano dalle tavole di Delambre. Nel 1821 Bouvard (1767-1846) intraprese la revisione di quelle tavole; ma gli fu impossibile di conciliare tutte le osservazioni di 130 anni. Allora egli scartò, senz'altro, le osservazioni più antiche, ritenendo che le discrepanze dovessero provenire da qualche causa estranea ed inavvertita, che poteva aver agito sul pianeta. Perciò un astronomo francese volle poi attribuire a Bouvard la scoperta di Nettuno: ma la sua affermazione, ispiratagli forse da antipatie e discrepanze personali, non regge. In pochi anni anche le tavole di Bouvard si mostrarono insufficienti. Nel 1843 John Couch Adams (1819-1892) si propose di verificare se le discrepanze fra il calcolo e l'osservazione o, come si suol dire, le perturbazioni di Urano, potessero venire spiegate, a mezzo di un pianeta posto al di là di Urano. Questa idea si era già presentata a Bouvard ed al Rev. T. J. Hussey; e Bessel si era proposto di spingere innanzi vigorosamente l'attuazione di essa, ma ciò gli fu tolto dalla malattia, che lo spense il 17 marzo 1846. Questo celeberrimo astronomo era nato il 22 luglio 1784. Il 21 dicembre 1845 Adams potè comunicare a Giorgio Biddel Airy (1801-1892), astronomo reale d'Inghilterra e direttore dell'osservatorio di Greenwich, i suoi calcoli degli elementi dell'orbita e della massa del pianeta supposto, con un'indicazione della posizione approssimata di esso in cielo. « Questi risultati, come ben scrisse Glaisher

(1809-1903), diedero l'ultima irrefragabile prova della validità della legge di Newton, e la data del 21 ottobre 1845 deve essere quindi riguardata come segnante un'epoca distinta nella storia della astronomia gravitazionale » (1).

Sir Giorgio Biddel Airy accolse con poca fiducia i risultati di Adams, e scrisse ad Adams chiedendogli schiarimenti. Adams non gli rispose, parendogli che la risposta alla questione postagli, fosse già soddisfacentemente contenuta nei numeri da lui trovati, e gli sembrò che la richiesta di Airy, dopo il suo lavoro improbo e lungo, non dimostrasse un adeguato desiderio di ricercare il pianeta; nè egli stesso si curò di dare pubblicità a' suoi risultati, più ansioso di meritare che di assicurarsi la fama scoperta. Le cose erano a questo punto, quando entrò in scena un giovane matematico francese, che, fortunato ed ardito, si conquistò la gloria della scoperta di Nettuno; egli è Urbano Gian Giuseppe Le Verrier (1811-1877). Egli comunicò all'Accademia di Francia tre successive memorie sulla irregolarità del movimento di Urano: in una, la prima, del 10 novembre 1845, egli dimostrò come a spiegare quelle irregolarità non valessero gli argomenti addotti; nella seconda, 1° giugno 1846, che solo un corpo esteriore ad Urano, situato in un dato momento

---

(1) *The Observatory* (L'osservatorio), periodico astronomico inglese: Vol. XV, 1893, p. 177. Il signor H. H. Turner nel 1904 pubblicò un libro intitolato *Astronomical Discovery* (Londra, Arnold), nel quale ha un intiero capitolo dedicato alla scoperta di Nettuno, ed è curioso come il nome di Glaisher non vi compaia nemmeno, benchè quest'eminente scienziato inglese si sia occupato di Adams, non solo nel luogo poc'anzi citato, ma altresì nelle *Memorie* sue contenute nel primo volume della raccolta degli scritti di Adams. Circa la scoperta di Nettuno, il signor Emanuele Liais ha scritto nel suo libro *L'Espace Céleste* (Paris, Garnier), delle pagine, forse non del tutto spassionate, ma certo non trascurabili; esse furono invece dimenticate, o ignorate, o passate sotto silenzio, da quanti narrarono finora quella scoperta. Vedi al riguardo OTTAVIO ZANOTTI BIANCO, *Nel Regno del Sole*, Torino, Bocca, capitolo intitolato *Urano e Nettuno.*

in un determinato punto dello zodiaco, poteva produrre gli effetti osservati; e nella terza, 31 settembre 1846, egli delineava l'orbita del pianeta perturbante e annunciava la visibilità di esso sotto figura di un disco sensibile, all'incirca lucente come una stella di ottava grandezza, assegnandone la posizione entro circa 10°.

Il risultato contenuto nella memoria di giugno concordava così da vicino (1°) con quello ottenuto da Adams, che Airy ne fu colpito e scosso dalla sua indifferenza; e poichè egli non credeva di avere all'osservatorio di Greenwich un telescopio che gli potesse mostrare l'atteso pianeta, si rivolse a Challis (1803-1882) affinchè volesse applicare alla ricerca di quello lo splendido equatoriale dell'osservatorio di Cambridge. Questa richiesta trovò Challis occupatissimo in ricerche di comete, ed impreparato per difetto di carte celesti della plaga che si doveva esplorare, e così la scoperta visuale di quel pianeta, che fu poi detto Nettuno, sfuggì anch'essa all'Inghilterra, e fu fatta in Germania. Il 18 settembre 1846 Le Verrier comunicava i risultati dei suoi calcoli a Galle e D'Arrest, astronomi a Berlino, e li invitava ad aiutarlo a rintracciare l'astro. Fortuna volle che il dottor Bremiker (1804-1877) avesse appunto allora terminata una carta della regione celeste che dovevasi esplorare: e la sera del 23 settembre 1846, Galle (1812-1910), cui la lettera di Le Verrier era stata recapitata nel giorno medesimo, vide il nuovo pianeta quale lo aveva descritto Le Verrier, ed a pochissima distanza dalla posizione ad esso assegnata dal meraviglioso matematico francese, e constatò nei giorni successivi che esso si era mosso, e che era l'astro atteso. Le Verrier aveva proprio, come disse Arago (1786-1853), comunicando all'Accademia delle Scienze di Parigi le osservazioni di Galle, « visto Nettuno sulla punta della sua penna ».

« La controversia che ne seguì », scrive miss Clerke, « ebbe il suo lato ignominioso, ma in essa non entrò nessuna delle parti principalmente interessate. Adams sopportò il disinganno, che il procedere e le dilazioni a Greenwich ed a Cambridge gli avevano inflitto, con rassegnato eroismo. Il suo silenzio sul

soggetto di ciò che un altro uomo avrebbe chiamato suoi torti, rimase ininterrotto per tutta la sua vita, ed egli colse ogni opportunità per attestare la sua ammirazione verso il genio di Le Verrier ».

Il signor Le Bon, l'ultimo storico dell'astronomia in Francia, così scrisse di lui:

« Pour ses débuts Adams a calculé en même temps que Le Verrier les élements de la planète troublante d'Uranus. On ne peut s'empêcher d'admirer la noblesse de caractère avec laquelle il accepta la décision de ses contemporains; il a toujours manifesté son admiration pour Le Verrier, et l'on a lu avec quelle chaleur il apprécia en 1876 l'ensemble des travaux de notre grand astronome ».

Certo è che la scoperta del pianeta Nettuno fatta indipendentemente da Adams e Le Verrier, colla sola analisi matematica, è la più indiscutibile e magnifica prova della legge della gravitazione universale, e ad un tempo un trionfo dell'astronomia teorica: ed i nomi di quei due sommi ingegni devono per sempre brillare come fulgida stella doppia sul sereno cielo del progresso umano.

Nettuno era appena rivelato, che Lassell (1799-1880), birraio di professione, ma astronomo di vocazione, il 10 ottobre 1846, scorgeva che esso ha un satellite, come ben presto confermarono Bond (1789-1859) e Otto Struve (1819-1905). Questo satellite ha, come quelli di Urano, movimento retrogrado, e circola intorno al suo pianeta in $5^d\ 21^h$; Nettuno ha una densità che è due volte quella dell'acqua.

Pianeta trasnettuniano, supposto.

La possibilità che Nettuno possa non essere l'ultimo astro, il più lontano, del sistema solare, fu considerata subito dopo la scoperta di esso; e nel 1879, Camillo Flammarion suggerì un metodo ingegnoso di ricerca, che fu tradotto in atto dal professore Giorgio Forbes di Edimburgh. Dal fatto che alcune comete periodiche, come quella di Halley, vanno più lungi dell'orbita di Nettuno, si fu indotti a pensare che oltre Nettuno potes-

sero esistere uno o più pianeti. Forbes computò gli elementi necessari ad individuare l'orbita di un tale supposto astro, con un periodo di circa 1000 anni, e ne suppose un altro ancora più remoto, circolante attorno al Sole in 5000 anni. Quasi contemporaneamente il professor Todd tentò per altra via di scoprire il supposto pianeta. Egli notò che Urano presentava ne' suoi movimenti delle irregolarità, anche dopo che si era tenuto conto dell'azione di Nettuno, e credette poterle spiegare colla presenza di un pianeta in una posizione assai bene concordante con quella trovata da Forbes, circolante però attorno al Sole in 375 anni, invece che in mille. Ma le più diligenti ricerche fotografiche furono frustrate, e l'osservazione non riuscì finora a constatare la presenza di quell'astro remotissimo.

Il dottor See, astronomo americano, pensa che al di là di Nettuno possano esistere ancora tre altri pianeti, distanti rispettivamente dal Sole di 42, 56 e 72 raggi dell'orbita terrestre, e raccomanda caldamente di cercarli colla fotografia.

Pianeta intramercuriano, supposto.

I moviventi del pianeta Mercurio presentarono agli astronomi delle irregolarità che Le Verrier credette di poter chiarire (12 settembre 1869) colla supposizione di un astro moventesi attorno al Sole interiormente all'orbita di Mercurio. Alcuni, Lescarbault, Swift, Watson (1838-1880) credettero di averlo visto durante eclissi totali di Sole; ma le investigazioni più minute, istituite di poi, non lo rivelarono, ed oggi le irregolarità del movimento di Mercurio, malgrado le indagini teoriche di Bauschinger, Newcomb, Harzer sono un enigma per la meccanica celeste. Il pianeta supposto, cui Le Verrier diede il nome di Vulcano, non fu *forse* che un'illusione.

Anello di Saturno.

Il secolo decimonono aggiunse al lucido anello scoperto da Galileo, un anello fosco, tra quello ed il globo del pianeta; lo vide pel primo l'americano Bond (1789-1865) nella limpidissima notte del 15 novembre 1850, col potente cannocchiale, opera squisita di quei sommi artefici che furono Merz e Mahler, poi fu visto da Dawes (1799-1868), e da Lassell (1799-1880) che gl'impose poi il nome di *anello di garza*. Ben presto però si potè verificare che molti astronomi avevano precedentemente avvertito sul globo di Saturno apparenze che dipendevano dall'esistenza di quell'anello. L'esistenza e la permanenza di forma degli anelli di Saturno è stata per lungo tempo un mistero, e Laplace aveva lasciata la questione non risolta; essa lo venne in modo finora ritenuto soddisfacente per opera di James Clerk Maxwell (1831-1879) nel 1857. Egli cominciò col dimostrare che gli anelli non avrebbero potuto continuare ad esistere, se fossero stati solidi o liquidi, e che la sola condizione possibile era quella di un aggregato di innumerevoli particelle sciolte e circolanti indipendentemente attorno al pianeta in un periodo determinato dalla distanza di ciascuna dal centro del pianeta. Questa costituzione a innumerevoli satelliti, osserva miss Clerke, era già stata intravista, ma poi lasciata cadere. Le osservazioni a visione diretta di Perrotin e Lockyer, le misure fotometriche di Seeliger, quelle spettrografiche di Keeler, hanno apportato altrettanti argomenti favorevoli alle vedute teoriche di Maxwell. Secondo G. H. Darwin, figlio a Carlo Darwin, il famoso campione dell'evoluzione, ed in base a ricerche teoriche di Roche, si può congetturare che quegli anelli siano destinati a scomparire, per processi di varia natura, la conseguenza dei quali potrebbe essere in ultimo la formazione di un satellite, moventesi attorno al pianeta internamente a *Mima*, che è il più interno fra i satelliti di Saturno.

Ancora di Urano, Saturno e del suo anello.

Lassell il 24 ottobre 1851 scopre due altri satelliti denominati *Ariel* ed *Umbriel*, interni ad *Oberon* e *Titania*, e di splendore circa metà, e così che il discernerli è tuttodì considerato fra i saggi più elevati della perfezione e della penetrazione di un telescopio.

Il secolo decimonono aggiunse tre satelliti al sistema di Saturno; essi sono: *Iperione*, scoperto da Bond il 16 settembre 1848; *Febea* e *Temis*, scoperti fotograficamente in America da W. H. Pickering rispettivamente il 16 agosto 1898 ed il 16 aprile 1904; tali date sono quelle della prima negativa.

Duecento anni dopo che Huygens aveva scoperto la vera conformazione di Saturno, ch'è un globo circondato da un anello, avvenne un'altra interessantissima ed importante scoperta sulla costituzione di quel pianeta, già studiata come vedemmo da Cassini. Nella notte del 15 novembre 1850, Guglielmo Bond scoprì un terzo anello un pochino fosco, distendentesi a metà strada fra il globo di Saturno e l'anello più lucente. La stessa scoperta fu fatta in Inghilterra (Bond osservava in America) quindici giorni più tardi dal reverendo W. R. Dawes, che ignorava la scoperta di Bond. Il 3 dicembre, Lassell che visitava Dawes al suo osservatorio di Wateringbury, descriveva il nuovo anello *come qualche cosa di simile ad un velo di mussola coprente la parte di cielo circoscritta dall'anello interno*. Apparendo strano che questo anello fosse sfuggito ai molti ed esperti astronomi che avevano osservato Saturno, se ne ricercarono vestigia nei loro scritti o disegni, e risultò che Campani nel 1664, Picard nel 1673, Halley nel 1720, Herschel e Galle nel 1838 avevano notato quell'anello come una striscia nera o cintura attraversante il globo di Saturno. Quindi quell'anello non era di nuova formazione, ma sembrò vi fosse ragione di credere che esso avesse solamente negli ultimi tempi acquistato un più cospicuo splendore. Ulteriori ricerche dovevano svolgere completamente il significato di questo fatto

importante. Herschel fin dal 1789 aveva constatato che l'anello esterno si muove, e ne determinò il periodo di rotazione in 10 ore, 32 minuti e 15 secondi.

L'esistenza e la permanenza dell'anello di Saturno sono state sempre per gli astronomi e pei matematici un arduo problema; e non si riusciva a spiegare come l'anello medesimo si mantenesse stabilmente malgrado le forze che, secondo insegna la meccanica, tendono ad infrangerlo. La spiegazione ne fu data, come già dicemmo, dall'insigne fisico e matematico inglese Clerk Maxwell nel 1857, immaginando che esso anello sia come uno strato di innumerevoli corpuscoli, ciascuno dei quali descrive attorno al pianeta un'orbita propria, e che in realtà siano quindi tanti piccolissimi satelliti. Questi corpuscoli sono così numerosi e vicini fra loro che ci sembrano formare un tutto continuo, non diversamente dai globuli acquei nelle nubi della nostra atmosfera. A questo risultato giunse pure nel 1872 il fisico svizzero Hirn, ignaro del lavoro di Clerk Maxwell, come riconosce Newcomb nella sua *Astronomia Popolare*, ed è a rimpiangersi che miss Clerke si sia scordata di ciò nella sua storia dell'astronomia nel secolo decimonono. Le vedute di Maxwell e di Hirn sembrano confermate da osservazioni varie sull'anello di Saturno, come avvertimmo poc'anzi.

Satelliti di Giove e di Marte.

Galileo aveva lasciato Giove con quattro satelliti: il secolo ventesimo lo trovò con cinque, il quinto essendo stato trovato da Barnard in America il 9 settembre 1892; il primo decennio del secolo corrente ne portò il numero ad otto, gli ultimi tre furono scoperti tutti in America, il sesto da Perrine il 3 dicembre 1904, il settimo da Perrine il 2 gennaio 1905, l'ottavo da Melotte il 17 gennaio 1908, tutti e tre fotograficamente.

Marte ha due satelliti, *Demos* e *Fobos*, scoperti da Asaph Hall astronomo americano in Washington, l'11 e il 17 agosto 1877, col massimo dei cannocchiali a rifrazione che fossero allora rivolti al cielo.

Si sospettò l'esistenza di un satellite di Venere, e di un pianeta fra Mercurio e il Sole; ma le più diligenti ricerche non riuscirono a verificarla. Così qualcuno pensa che al di là di Nettuno possa muoversi un altro pianeta, ma non si va oltre la semplice congettura.

In un quadro alle fine del libro stanno registrati tutti gli elementi degli astri che, per quanto oggi si sa, compongono il sistema solare. Tutte le distanze sono espresse prima prendendo come unità di lunghezza la distanza della Terra dal Sole e poi il chilometro.

19. — Trattati di meccanica celeste.

Lo studio teorico dei movimenti dei componenti il sistema solare, venne nel secolo decimonono portato molto innanzi, e già vedemmo come a mezzo di esso Le Verrier ed Adams scoprissero Nettuno. Nel primo ventennio Laplace condusse a termine quella sua *Mécanique Céleste*, che costituirà per sempre un'opera classica, che nessun astronomo potrà mai trascurare. Poi vennero in luce altri lavori del medesimo genere, sulle orme di quello: ne furono autori i francesi De Pontecoulant, Resal, Tisserand. Enrico Poincaré, pure francese, matematico valorosissimo, diede alla luce in sul finire del secolo decimonono un libro essenzialmente teorico sui nuovi metodi della meccanica celeste.

La teoria così astrusa e difficile del movimento della Luna, fu studiata poi da Giovanni Plana (1781-1864), Delaunay (1816-1872), Airy, Hill Newcomb (1835-1909), Hansen (1795-1874). Brown, Gylden, Charlier ed altri pubblicarono trattati e scritti in vari argomenti di meccanica celeste. Per il computo effettivo delle orbite dei pianeti e delle comete sono classici i trattati di Oppolzer, Watson, Klinkerfuess e Bauschinger: quello di quest'ultimo apparve nel primo decennio del secolo ventesimo. Benchè più matematico che astronomo pratico, il nome di Luigi Lagrange (1736-1813) vuole essere posto fra i cultori più profondi (Laplace

lo uguagliò quasi a Newton) della meccanica celeste, assieme a quello del francese Poisson (1781-1840). Lagrange, malgrado il nome e la lunga dimora all'estero, è prettamente e schiettamente italiano, essendo nato in Torino.

20. — Legge della gravitazione universale.

Narrammo a suo luogo come Newton scoprì la legge della gravitazione universale, che fa cadere sulla Terra i corpi pesanti abbandonati a loro stessi e regge i movimenti dei corpi del sistema solare ed assai probabilmente quelli di tutti i corpi celesti (per questi, però, non si ha dimostrazione rigorosa, ma solo ragioni plausibili), ma si ignora oggi completamente che cosa sia la gravitazione. Un'ipotesi detta dei *corpuscoli ultramondani* proposta da Lesage, incontra enormi obbiezioni fisiche e metafisiche, nè miglior posizione posseggono le altre escogitate di poi; esse falliscono allo scopo, come vi fallirono i tentativi di ridurre la gravitazione all'elettricità, accumulando ipotesi su ipotesi: tentativi che, dato pure che riuscissero, non farebbero che trasportare il mistero, poichè noi ignoriamo completamente cosa sia l'elettricità.

Alcuni divarii fra l'osservazione e la teoria nei movimenti di Mercurio e della Luna, che non si è riusciti finora a chiarire a mezzo della gravitazione universale, fecero pensare a qualche astronomo che la legge di Newton dovesse venire leggerissimamente modificata; ma la cosa rimase a quel punto e forse l'avvenire dimostrerà che quella modificazione non è necessaria. Non è poi assurdo il pensare che quando sarà possibile il tener conto dell'azione delle forze magneto-elettriche sul movimento dei pianeti, molte cose si chiariranno.

lo uguagliò quasi a Newton) della meccanica celeste, assieme a quella del francese Poisson (1781-1840). Lagrange, malgrado il nome e la lunga dimora all'estero, è pienamente e schiettamente italiano, essendo nato in Torino.

90. — Legge della gravitazione universale.

Narriamo a suo luogo come Newton scoprì la legge della gravitazione universale, che fa cadere sulla Terra i corpi pesanti abbandonati a loro stessi e regge i movimenti dei corpi del sistema solare ed anzi probabilmente quelli di tutti i corpi celesti (per questi, però, non si ha dimostrazione rigorosa, ma solo ragioni plausibili), ma si ignora oggi completamente che cosa sia la gravitazione. Un'ipotesi detta dei corpuscoli ultramondani proposta da Lesage, incontra ancora obbiezioni finchè è modificata, nè miglior posizione posseggono le altre escogitate di poi; esse falliscono allo scopo, come vi falliranno i tentativi di ridurre la gravitazione all'elettricità, accomodando ipotesi su ipotesi; tentativi che, dato pure che riuscissero, non farebbero che trasportare il mistero, poichè noi ignoriamo completamente cosa sia l'elettricità.

Alcuni divari fra l'osservazione e la teoria nei movimenti di Mercurio e della Luna, che non si è riusciti finora a chiarire a mezzo della gravitazione universale, fecero pensare a qualche astronomo che la legge di Newton dovesse venire leggermente modificata; ma la cosa rimase a quel punto e forse l'avvenire dimostrerà che quella modificazione non è necessaria. Non è poi assurdo il pensare che quando sarà possibile il tener conto dell'azione delle forze magneto-elettriche sul movimento dei pianeti, molte cose si chiariranno.

ALCUNI FENOMENI OTTICI ASTRONOMICI

21. — **Rifrazione atmosferica astronomica.**

L'uomo vive al fondo di un oceano gassoso, costituito dall'atmosfera che avvolge il globo terracqueo. I raggi luminosi che provengono dalle stelle, per giungere all'occhio dell'osservatore debbono attraversare, sotto varie inclinazioni, a seconda dell'altezza della stella sull'orizzonte, quella massa gassosa, ossia l'aria atmosferica. L'atmosfera raggiungerebbe, secondo i calcoli più recenti, un'elevazione sul livello del mare, tale che a 200-300 chilometri su di questo, essa avrebbe ancora una densità capace di produrre fenomeni ottici. La storia dei tentativi fatti per determinare l'altezza dell'atmosfera appartiene alla storia della geofisica, non a quella dell'astronomia, perciò non ce ne occupiamo.

La luce che proviene dagli astri, si propaga in linea retta, finchè percorre gli spazii celesti, che si suppongono vuoti di materia ponderabile, od almeno si ritiene che essa vi sia così rada da non opporre resistenza alcuna alla propagazione della luce, se non là ove effettivamente la intercetta colla sua presenza. Ma quando penetra nell'atmosfera, la luce subisce una deviazione dal suo cammino rettilineo primitivo, e prende un'altra direzione; da ciò segue che noi vediamo gli astri in una posizione diversa da quella in cui ci si mostrerebbero se l'atmosfera non esistesse. Questo fatto prende il nome di *rifrazione astronomica*.

Euclide sapeva già 300 anni avanti Cristo che la luce si propaga in linea retta. Forse Possidonio ebbe qualche vaga, ma confusa idea della rifrazione; ma la prima menzione chiara della rifrazione s' incontra in Cleomede, scrittore che visse ai tempi d'Augusto, in una sua opera intitolata *Circularis inspectio meteorum* (Basilea, 1585). Nell'*Ottica* di Tolomeo sono chiaramente descritte molte conseguenze della rifrazione: egli dedica in séguito un capitolo ai crepuscoli, e li chiarisce precisamente come prodotti dalla luce del Sole; quello del mattino incomincia quando il Sole sta a 19° sotto l'orizzonte orientale, e quello della sera termina quando il Sole, dopo il tramonto, è sceso a 19° sotto l'orizzonte occidentale. S'occupò poi della rifrazione Vitellio (secolo XIII) (1) in un trattato d'ottica, pubblicato da Risnero, assieme all'ottica dell'arabo Alhazen. Ruggero Bacone (nato nel 1214, e che fu professore in Oxford fino al 1294, anno di sua morte), menziona di passata la rifrazione.

Il patrizio Bernardo Walther, da Norimberga, istituì nel 1489 la prima, e forse la più antica osservazione sulla rifrazione astronomica, notando come in forza di essa gli astri appaiano sopra l'orizzonte, quando in realtà essi sono ancora sotto a quel piano. Walther fu scolaro di Regiomontano; egli fu il primo ad adoperare nelle sue osservazioni un orologio fornito di rotismi, ed insegnò il metodo di determinare la posizione di una stella, misurando le sue distanze angolari da due stelle fisse. La suddetta affermazione di Walther fu poi confermata dal Landgravio di Assia col suo matematico Rothmann e Maestlin, il maestro di Keplero, con effettive osservazioni. Tycho Brahe compilò tavole della rifrazione. S'occuparono poi di essa in disteso Keplero e Scheiner. Landsberg, Riccioli ed Evelio computarono pure delle tavole per la rifrazione, della quale s'occuparono anche Linnemann e Graves;

(1) L'ottica di Vitellio o Vitellione vide la luce la prima volta nel 1533 a Norimberga; l'edizione di Risnero è del 1572, Basilea.

Snellio e Descartes scoprirono poi la legge fisica della rifrazione: per la storia della quale scoperta rimandiamo il cortese lettore alla « Storia della Fisica », che, compilata dal chiarissimo prof. Rinaldo Pitoni, costituisce il III volume della raccolta *Storia delle Scienze* di cui fa parte, come volume II, la presente opera.

Poi Cassini (1625-1712) diede una teoria matematica della rifrazione, e ne pubblicò delle tavole. A tali studi vanno, dopo quell'epoca, legati i nomi di Howksbee, Giov. Cassini, Delisle, Newton, che cercò spiegare la rifrazione coll'attrazione, Halley, Lacaille ed altri, che tutti ebbero riguardo, in vario modo e con maggiore o minore esattezza, alle condizioni fisiche dell'atmosfera.

Bouguer e Bernoulli s'occuparono essi pure della rifrazione, e l'ipotesi di Bouguer è esposta tuttodì nei trattati d'astronomia, non meno di quelle di Cassini. Le teorie della rifrazione oggi più accreditate sono quelle di Laplace, di Ivory, Schmidt, Bessel, le cui tavole sono le più usate anche ora; e taciamo di quelle di Kramp, Plana, Brioschi, Biot, Baeyer, Swanberg, e rammentiamo quelle moderne di Jordan, Bauernfeind, Bruns.

22. — **Fotometria astronomica.**

Noi vediamo gli astri tutti attraverso all'atmosfera, che ne assorbe, ne estingue una certa porzione della luce da essi inviataci; questo fatto è detto *estinzione della luce*. Ne discorriamo qui, poichè esso ha molti punti di contatto colla misura della luminosità degli astri che costituisce appunto lo scopo della *fotometria astronomica*; e ne discorriamo dopo la rifrazione, poichè, come osserva Newcomb, l'estinzione della luce ha nella fotometria la stessa importanza che ha la rifrazione nella determinazione della posizione degli astri o *astrometria*.

Come è facile constatare, una stella ci appare tanto meno luminosa, quanto più dista dal punto celeste che sta verticalmente sul nostro capo o zenit, ossia quanto maggiore è lo spessore d'aria che essa deve

attraversare per giungere al nostro occhio. L'estinzione della luce è, come la rifrazione, ad un dipresso proporzionale alla tangente dell'angolo che la visuale diretta all'astro fa colla verticale del luogo d'osservazione. I primi ad occuparsi dell'estinzione della luce furono Lambert (1728-1777), e Bouguer (1698-1758), già parecchie volte menzionato; poi se ne occupò Laplace. Istituirono misure sull'estinzione della luce Seidel, in Monaco; Müller, in Potsdam, che ne diedero delle tabelle; Beer, Abbot, Abney, Fowle, Langley, con procedimenti diversi. Trattarono in questi ultimi tempi la teoria dell'estinzione della luce, Maurer, lord Rayleigh, e segnatamente con brillante successo il dottore Azeglio Bemporad, attuale direttore dell'Osservatorio di Capodimonte, in Napoli, che istituì anche diligenti ed accurate misure fotometriche.

Chi voglia procurarsi più ampie informazioni e studiare l'argomento dell'estinzione della luce dovrà consultare i due libri seguenti: PERNTER e EXNER, *Meteorologische Optik*, Braumüller, Lipsia, 1910; il volume VI, Optik, del *Handbuch der Physik* di WINKELMANN ove il dott. Bemporad espose i suoi lavori e quelli antichi su questo argomento, che trattò anche nella grande *Enciclopedia delle scienze matematiche*, che si pubblica in tedesco ed in francese.

La *fotometria* è il ramo più antico dell'astrofisica, poichè i tentativi di misurare lo splendore delle stelle datano dall'antichità. Tolomeo, nel suo *Almagesto*, ci ha lasciato un catalogo stellare in cui le stelle sono ordinate secondo il loro splendore, o come suol dirsi, secondo la loro *classe di grandezza*. Di poi per parecchi secoli nulla si fece al riguardo, e solo la scoperta della variabilità dello splendore di alcune stelle destò il desiderio di determinarlo con precisione. La base di questi studi fu posta da Lambert nella sua *Fotometria* (1760) e da Bouguer; ed oggi si costruiscono perfetti *fotometri*, ossia apparecchi destinati alla misura dello splendore delle stelle, variamente congegnati e fondati su principii diversi. Nella costruzione di questi strumenti vanno segnalati Steinheil (fotometro a prisma), Lamont, Zöllner, Wanschaff, Hornstein (fotometro a zone), E. C. Pickering, una delle

maggiori autorità su questo argomento, Hirsch, Dawes, Knobel, Ritchie, J. Herschel ed altri parecchi. Una esposizione larga e chiara, sufficiente per acquistare una buona istruzione sulla fotometria astronomica, si trova nel libro di Julius Scheiner: *Populäre Astrophysik*, Teubner, 1910.

23. — Scintillazione delle stelle.

Tutti conoscono questo vago fenomeno, in forza del quale le stelle non presentano talvolta uno splendore fisso e tranquillo, ma soggetto a pulsazioni rapidissime che le fanno scintillare. Questo fenomeno è intimamente connesso allo stato ed ai movimenti dell'atmosfera. La scintillazione, come tutti i fenomeni atmosferici, e l'atmosfera stessa, sono un grande ostacolo alle osservazioni astronomiche: e gli astronomi hanno molto lavorato e lavoreranno al fine di liberarsi dai loro effetti. Al fine medesimo vennero costrutti Osservatorii astronomici su cime di monti, sui quali fosse possibile il soddisfare a tutte le esigenze che tali istituti impongono.

Il P. Secchi così descrive nel suo stupendo libro *Le Stelle* (Milano, Dumolard, 1878) la scintillazione delle stelle: « Fra i fenomeni più belli della contemplazione del cielo vi è la scintillazione delle stelle; quella luce che si slancia or fiacca, or viva a lampi intermittenti, or bianca, or verde, or rosa, a guisa di riflessi d'un vivo diamante, rapisce il più indifferente osservatore, e costituisce questo superbo fatto, la cui spiegazione non è ancora scevra di tutte le difficoltà ». Quest'ultima proposizione è vera anche oggi. La teoria della scintillazione richiede vaste cognizioni di fisica; e costretti dai ceppi dello spazio, noi ci limiteremo anche su questo argomento a rammentare alcuni pochi nomi di astronomi e dotti che di essa si occuparono. Nell'antichità: Aristotele, nel suo libro *De Cœlo*; nel medio evo: Peckham (1240-1292); nei tempi moderni: Arago, Montigny, Dufour, Langley, Exner, Rayleigh ed il nostro Respighi, che con vivo rincrescimento vediamo scordato da Gerland nel suo articolo sulla scintilla-

zione delle stelle, inserito nella Parte II del volume III dell'*Handwörterbuch der Astronomie*, di Valentiner (1901) e da Wolf nel suo *Handbuch der Astronomie* (1890). La teoria di Respighi invoca come causa influente sulla scintillazione il moto di rotazione della Terra: i suoi lavori sono del 1862 e 1868. Quella teoria è accolta dal P. Secchi, ed il capitolo che questi scrisse su tale argomento nel suo citato libro, è quanto di meglio una persona colta possa per sua istruzione oggi ancora leggere nella nostra lingua. Alquanto più tecnica è l'esposizione che ne dà il P. Müller ne' suoi *Elementi di Astronomia*.

STUDIO FISICO
DEI CORPI DEL SISTEMA SOLARE

I pianeti brillano per luce riflessa del Sole; pertanto l'esame spettroscopico della loro luce non ha potuto apprenderci nulla circa la loro composizione chimica: per uno forse di essi, ha dato qualche vaga nozione sulla sua atmosfera; nulla più. La cosa medesima è a ripetersi per i satelliti; e noi ignoriamo completamente di che cosa sia fatta la Luna, benchè di essa si posseggano oggi, mercè anche la fotografia, rappresentazioni grafiche molto più precise di quelle di molte regioni della Terra. Le distanze dei pianeti dal Sole ottenute col perfezionamento del computo delle loro orbite, i loro diametri apparenti misurati col cannocchiale e gli strumenti di precisione, furono oggetto dal 1800 ad oggi di numerosissime ricerche; gli ultimi e più sicuri risultati sono riassunti nelle tavole al fine del volume, ed oggi le posizioni dei pianeti, del Sole e dei satelliti, dedotte da tavole calcolate di recente (Le Verrier, Newcomb, Hill, Hansen) sono registrate per ogni anno nelle effemeridi astronomiche. Di queste effemeridi se ne hanno quattro essenziali, e non poche altre più ristrette e di secondaria importanza. Le prime quattro sono: *La Connaissance des Temps*, che si pubblica in Parigi dal *Bureau des Longitudes*, che pubblica pure il popolarissimo ed ottimo *Annuaire du Bureau des Longitudes*, contenente ogni anno le più

attendibili e recenti informazioni d'astronomia, geodesia, meteorologia, fisica, chimica, statistica, geografia fisica, e notizie scritte dagli scienziati più eminenti di Francia; il *Nautical Almanac* di Londra; a Londra si pubblica pure il *Withtaker's Almanac*, enormemente diffuso nell'Impero Britannico, che offre anche importantissime informazioni scientifiche; *The American Ephemeris and Nautical Almanac*, che si stampa a Washington; il *Berliner Astromisches Jahrbuch*, pubblicato in Berlino dal *Königliches astronomisches Rechen Institut*.

Conosciute le distanze ed i diametri dei pianeti, un semplice computo consente la determinazione delle dimensioni degli oggetti o chiazze o macchie che si scorgono su di essi; ciò, però, è limitato dalla potenzialità dei cannocchiali e dalla distanza degli astri considerati.

24. — **Mercurio.**

Mercurio è il minimo dei pianeti ed il più vicino al Sole; la sua luce sfavillante lo renderebbe facilmente visibile, se la sua grande vicinanza al Sole, ed il non essere visibile se non quando è molto vicino all'orizzonte e troppo spesso perduto nei vapori di esso, non ne rendessero invece molto difficile l'osservazione, per modo che Riccioli lo denominò *Sidus dolorum*; Copernico morì senza averlo mai potuto vedere, e quell'esperto osservatore che fu Von Zach, spesso lo cercò invano. Secondo G. Müller, Mercurio raggiunse talvolta lo splendore della stella Sirio, ed il suo colore è talora giallastro, come per il primo osservò Gruithuisen il 6 ottobre 1838. Lo spettro di Mercurio è stato studiato essenzialmente da Vogel nel 1871 e 1873; esso fu trovato perfettamente identico a quello della luce solare, che è così la sola causa dello splendore di Mercurio. Alcune particolarità dello spettro sembrerebbero accennare all'esistenza di una atmosfera contenente in minima quantità vapore acqueo; ma la vicinanza del pianeta al Sole ostacola

grandemente l'esame spettroscopico di esso, e quindi la decisione dell'esistenza o meno di un'atmosfera intorno al medesimo.

Le fasi di Mercurio, già lo dicemmo, furono scoperte da Zupus il 23 maggio 1639, e viste da Evelio il 22 novembre 1644; Schröter, Mädler e Vogel, le trovarono più sottili di quanto era voluto dal calcolo, apparenza ancora non chiarita, ma che potrebbe esserlo ricorrendo all'ombra proiettata sul pianeta da protuberanze ragguardevoli.

In sul principio del secolo decimonono Harding e Schröter credettero osservare, che essendo Mercurio falciato, il corno sud della falce era frastagliato da addentellature spiccate. Schröter, che molto si occupò di Mercurio, attribuì queste apparenze all'ombra di una alta montagna, cui egli assegnò un'altezza di 19 km., e la credenza dell'esistenza sopra Mercurio di montagne elevatissime si divulgò largamente. Schröter dedusse pure dalle sue osservazioni che Mercurio ruota sopra sè stesso in 24 ore e 5 minuti; dopo ciò, tranne osservazioni di Prince (11 giugno 1867) e di Birmingham (11 marzo 1870), che accennavano a macchie sul pianeta, l'esame di Mercurio fu alquanto trascurato. Però le osservazioni di Schröter non furono confermate: apparve anzi manifesto che egli era stato vittima di un'illusione, e delle mantagne di Mercurio non fu più fatta parola; ma la rotazione da lui assegnata a Mercurio fu per lungo tempo accettata dagli astronomi come reale. Nel 1881 Giovanni Schiaparelli in Milano s'accinse all'esame dell'aspetto di Mercurio che egli riuscì ad effettuare anche lungo il giorno, e gli venne fatto di scorgere sul dischetto dell'astro certe macchie, rese visibili meglio che nel crepuscolo dalla maggiore altezza di esso sull'orizzonte. Schiaparelli seguitò ad osservare durante parecchi anni, colla sua abituale solerzia, Mercurio e fu indotto dai suoi lavori a congetturare, che la durata della rotazione di Mercurio sia eguale a quella della sua rivoluzione intorno al Sole, e cioè di 88 giorni. Mercurio pertanto rivolgerebbe sempre al Sole la stessa metà del suo globo, come la Luna verso la Terra. Schiaparelli delineò anche una carta delle configurazioni da lui scorte sul

disco di Mercurio; egli trovò anche traccie di una atmosfera. I risultati di Schiaparelli incontrarono non poca opposizione, e Leo Brenner in Lusimpiccolo si pronunziò recisamente per una rotazione della durata da 23 a 25 ore, che egli ricavò da numerose osservazioni istituite in condizioni atmosferiche eccezionalmente favorevoli. L'astronomo americano Lowell si pronunziò in favore della rotazione di 88 giorni, sostenuta da Schiaparelli, basandosi però, è d'uopo avvertirlo, sopra constatazioni sul disco del pianeta che da altri osservatori furono gravemente poste in dubbio. Lo schizzo della superficie di Mercurio disegnato da Schiaparelli, è stato quasi intieramente confermato da osservazioni eseguite dal signor Jarry Desloges il 19 agosto 1907 sul monte Revard, alto 1550 metri e distante 15 chilometri da Chambery in Savoja; l'avvenire dirà se questo accordo confermi la lunga rotazione di Schiaparelli. Certo è che in oggi qualsiasi valore della rotazione di Mercurio dev'essere accompagnato da un cospicuo punto d'interrogazione. Scheiner (1908) così riassume le nostre cognizioni fisiche di Mercurio: « La superficie di Mercurio è solida e consiste essenzialmente di materiali abbastanza oscuri. Sembra che esso possegga una debole atmosfera contenente poco vapore d'acqua. L'irradiazione solare che vi è sette volte maggiore che sulla Terra, viene quindi poco impedita dall'atmosfera, per contro fortemente assorbita dalla superficie, così che deve verificarsi un inteso riscaldamento di essa » (1).

25. — **Venere.**

Questo fulgidissimo fra i pianeti era dagli antichi detto *Fosforo* o *stella dei pastori*, quando appariva quale stella del mattino, ed *Espero* o *stella della sera*, quando la scorgevano la sera. Alcuni storici

---

(1) Nel giornale inglese *English Mechanic* del 23 luglio 1909 si annunzia che fu trovata per Mercurio una rotazione superante di pochi minuti 24 ore.

credono che Parmenide da Elea ed Ibico avessero già imparato che *Fosforo* ed *Espero* erano il medesimo astro: e Diogene Laerzio dice che Pitagora fu il primo a constatare ciò. Venere è spesso visibile di pieno giorno, e si narra che Enea così la vedesse nel suo viaggio da Troia; e fu visibile il 21 luglio 1716 a Londra e nel 1750 a Parigi, ove il fenomeno provocò un vero tumulto del popolo, e la vide, a quanto racconta Arago, Napoleone I, ancora primo console, un giorno che si recava al Lussemburgo in Parigi per assistervi ad una festa data in suo onore dal Direttorio. Il pianeta degli amori, come Messedaglia rammenta, si lasciò ammirare a giorno pieno il 27 novembre 1871, quando l'Italia affermossi, col suo Parlamento, la prima volta nella sua vera capitale. Venere era allora stella del mattino.

Veduta con un buon cannocchiale Venere presenta delle fasi analoghe a quelle della Luna e di Mercurio; esse furono scoperte da Galileo, che il giorno 11 dicembre 1610 ne dava notizia all'ambasciatore fiorentino a Praga Giuliano de' Medici. Galileo nascose la scoperta sotto l'anagramma seguente: *Hæc immatura a me iam frustra leguntur O. Y.*, del quale il 1° gennaio 1611 diede la seguente spiegazione: *Cinthiae (i. e. Lunae) figurae aemulatur mater amorum (i. e. Venus).*

Sopra il disco di Venere furono avvertite delle chiazze o macchie diversamente chiare, talune oscure; il primo a notarle fu Fontana il 25 dicembre 1645, poi le osservò Cassini il 28 aprile 1667 in Bologna; nel 1726 e 1727 se ne occupò Bianchini in Roma. Giova però avvertire che il vedere le macchie sopra Venere è impresa molto ardua, nella quale non tutti gli osservatori riescono, di guisa che in molti nasce poi il dubbio se ai più fortunati non sia applicabile il detto di Virgilio *aut vidit aut vidisse putat.* Così Guglielmo Herschel, dopo lunghi e vani tentativi per scoprire col suo telescopio dettagli della superficie di Venere, riuscì il 19 giugno ed il 3 luglio 1789, a discernere qualche pallida e debole traccia di configurazioni, che però nulla gli permise di conchiudere; poi osservarono Venere molti altri astronomi, tutti allo scopo essenzialmente di scoprire se e come Venere

ruotasse intorno al proprio asse, e dopo Bianchini che trovò una durata di pochi minuti superiore alle 24 ore, tutti ebbero per essa durate aggirantisi intorno alle $23^h\ 21^m$. De Vico in Roma trovò dopo un decennio (1840-1850) d'osservazione $23^h\ 21^m\ 22^s$ circa.

Nel 1877-1878 Schiaparelli intraprese lo studio di Venere e discutendo criticamente osservazioni anteriori alle sue, essenzialmente quelle del signor Terby di Louvain, giunse alle seguenti conclusioni. La rotazione di Venere è lentissima e molto probabilmente si fa in 224, 7 giorni, e cioè in un periodo esattamente uguale a quello della rivoluzione siderea del pianeta, intorno ad un asse press'a poco coincidente colla perpendicolare all'orbita. Non è tuttavia esclusa la possibilità di una certa deviazione di tali elementi; tale deviazione potrebbe per il periodo rotatorio giungere ad alcune settimane in più o in meno; per la direzione dell'asse una deviazione di dieci a quindici gradi dalla perpendicolare all'orbita, sarebbe ancora possibile. In queste conclusioni il nostro astronomo fu confermato da osservazioni istituite nel 1896; esse furono appoggiate dagli astronomi Perrotin, Mascari, Tacchini, Lowell e da Slipher in America, che dedusse per la durata di rotazione di Venere un valore analogo a quello di Schiaparelli collo spettroscopio a mezzo del principio di Doppler-Fizeau. Stanno invece per l'antica rapida rotazione, Trouvelot, Brenner, Flammarion, Wislicenus, Niesten e Stuyvaerts in Bruxelles, ed il russo Belopolsky, che applicò pure il principio di Doppler Fizeau. Il dottor Billiger ha dimostrato che le basi dei calcoli che condussero alle precedenti conclusioni, sono insufficienti ed inadeguate, poichè la massima parte delle macchie osservate sopra Venere, sono una conseguenza di effetti di contrasto, che si producono a cagione della distribuzione della luce e della legge che questa governa sulla superficie del pianeta. Certo è che in oggi non ci è nota la durata della rotazione nè di Venere nè di Mercurio; si hanno intorno ad esse due opinioni. L'avvenire deciderà quale sia la vera, e Newcomb ritiene che tale decisione dovrà ottenersi spettroscopicamente coll'applicazione del principio Doppler-Fizeau.

Abbiamo già accennato precedentemente alla luce cinerea della Luna: Venere ci presenta alcunchè di simile; ma per essa è ben più difficile il riuscire a vederla. Nel 1714 Derham avvertì per il primo che coi cannocchiali, e quando Venere presenta delle fasi, si può talvolta vedere la parte del disco di Venere che non è illuminata dal Sole; e dopo quell'epoca la luce cinerea di Venere fu vista da molti osservatori, di guisa che in oggi il fatto è innegabile. Hermann Klein, che si occupò molto di questa apparenza, sostiene che la parte in notte del disco di Venere diviene visibile solo negativamente, cioè per contrasto, contro la regione circostante celeste più luminosa; e non sarebbe alieno dal pensare che la luce cinerea di Venere sia prodotta da una specie di fosforescenza del pianeta; altri invece, con De Heen, la attribuiscono ad effetti luminosi di aurore boreali producentisi su Venere. Certo non regge la spiegazione datane da Rheinauer, che cioè cagione di quell'apparenza sia, come per la Luna, la riflessione della luce inviata a Venere dalla Terra; ipotesi questa che, valida per la Luna, non vale per Venere, giacchè la luce solare riflessa dalla Terra non giunge certo a Venere così intensa da produrre su di essa il fenomeno in questione. L'analisi spettroscopica della luce emessa da Venere, istituita da Scheiner e Vogel, attesta che Venere brilla unicamente per luce solare riflessa: particolarità notate in occasione dei passaggi di Venere davanti al Sole accennano alla esistenza di un' atmosfera nella quale lo spettroscopio rivelò l'esistenza di vapore acqueo. Dopo tutto le cognizioni sullo stato fisico di Venere si possono così enunciare. Il pianeta Venere è avvolto in una densa atmosfera contenente del vapore d'acqua; entro a questa atmosfera si è formato uno strato permanente di nubi, probabilmente senza lacerazioni, che ci toglie completamente la veduta della vera superficie del pianeta. Conseguentemente la riflessione della luce solare sopra questo strato di nubi è molto forte. L'apparenza della luce cinerea sulla parte oscura del disco di Venere, quando la fase è molto esile deve venir considerata come reale, inquantochè essa pare ristretta alle regioni sull'orlo del disco, e sarebbe dovuta ad effetti crepuscolari.

26. — La Luna.

Dopo La Hire già citato, devesi, per rispetto alla selenografia (descrizione della Luna), ricordare Tobia Mayer (1723-1769), che fu il primo a disegnare l'imagine della Luna dietro misure geometriche, mentre fino a lui l'imagine della Luna era stata delineata a vista d'occhio; immatura morte tolse a questo valoroso astronomo di condurre a termine l'opera sua. Attesero a ritrarre col disegno la Luna, Lambert (1729-1777), Schröter (1745-1816) che disegnò di essa carte assai particolareggiate, Lohrmann (1796-1840) che neppure lui potè, essendo morto a soli 44 anni, compiere la progettata carta lunare, che fu continuata da Giulio Schmidt (1825-1884); e solo nel 1878 potè venir pubblicata la carta lunare del Lohrmann, nelle sue venticinque sezioni, due tavole illustrative con testo esplicativo. Altra carta è quella di Beer (1797-1850) e Mädler (1794-1874); altre, quella di Schmidt e quella di Weineck, astronomi tedeschi. Fra gli inglesi devonsi rammentare i più moderni selenografi: Birt, Nasmyth, Carpenter, Neison. I francesi Loevy e Puiseux diedero alla luce, in sul finire del secolo decimono e nel primo decennio del ventesimo, grandiosi disegni e profondi studi sulla Luna: di essi diremo fra breve.

La fotografia non mancò di essere applicata ad ottenere il *ritratto* della Luna: il primo a ciò fare fu l'americano Draper (1837-1882), seguìto da molti altri, Bond (1789-1859), Rutherfurd, Warren de la Rue in Inghilterra, i fratelli Henry in Parigi, tutti valendosi dei metodi ognor più efficaci e perfezionati dell'ottica e della chimica fotografica.

Nel 1875 sul monte Hamilton in California, a 42 chilometri all'est di San José, veniva fondato un grande osservatorio, mercè la liberalità di James Lick, ricchissimo fabbricante di pianoforti in San Francisco, e vi si impiantava un cannocchiale che era allora il più grande del mondo: oggi è il secondo: il primo è quello dell'osservatorio Yerkes dell'Università di Chicago a

William Bay (Wisconsin, Stati Uniti dell'America del Nord), regalato a quell'Università da C. T. Yerkes. Il cannocchiale di quest'osservatorio ha la lente obiettiva del diametro di 102 centimetri, quello di Monte Hamilton ha una lente del diametro di 91,4 centimetri ed è lungo poco meno di 18 metri; quello di Chicago è lungo 19. Quelle magnifiche lenti sono state lavorate dal celeberrimo ottico americano Alvan Clark. James Lick morì il 1º dicembre 1876 e volle essere seppellito nelle fondamenta che sostengono il gigantesco cannocchiale dell'osservatorio che porta il suo nome: monumento tanto sublime quanto le piramidi d'Egitto e le tombe dei Faraoni. Uno dei primi lavori (1888) fotografici dell'osservatorio Lick fu consacrato alla Luna; il prof. Weineck di Praga riuscì ad ingrandire le imagini colà ottenute producendo così buone carte lunari; ma esse furono ben presto superate dagli astronomi Loevy e Puiseux dell'osservatorio di Parigi, che in sullo scorcio del secolo decimonono pubblicarono uno stupendo atlante lunare in eliotipia, vera opera d'arte e di scienza. Per questi lavori gli astronomi parigini si servirono d'un cannocchiale spezzato (equatoriale a gomito, *équatorial coudé*), costrutto dai fratelli Henry ottici abilissimi ed astronomi valenti. Questo tipo di cannocchiale consente maggiore stabilità, evita l'imbarazzo della cupola per riparare l'istrumento dalle intemperie, e permette all'osservatore di guardare il cielo stando comodamente seduto nel suo osservatorio; esso era rimasto fino a questi ultimi anni quasi specialità dell'osservatorio di Parigi, ma è stato da poco adottato anche all'osservatorio di Cambridge in Inghilterra. Col gigantesco cannocchiale dell'osservatorio Yerkes il signor Ritchey ha ottenuto fotografie lunari che hanno sulle precedenti il vantaggio di far rilevare immediatamente le più minute particolarità. In quanto a queste, però, bisogna spiegarci per evitare equivoci. Un autorevole selenografo (astronomo che si occupa della superficie lunare), il signor Prinz dell'osservatorio di Bruxelles, afferma che anche sulle migliori e più grandi fotografie d'oggi non siano discernibili dettagli lunari che non abbiano almeno due chilometri di diametro; coi massimi can-

nocchiali pare certo non si giungerà mai a discernere sulla Luna un oggetto che in diametro non raggiunga almeno quattrocento metri. Quando si tratti di striscie o fascie allungate, basterà che la loro larghezza sia di duecento metri. Facendo pertanto la supposizione fantastica che sulla Luna esistano esseri intelligenti, capaci di produrre modificazioni alla superficie del globo che abitano, noi non ne scorgeremo le opere finchè essi non ne compiano di quelle che superino molte volte quanto di più grandioso fu costrutto dalla razza umana sulla Terra. In una storia popolare dell'astronomia, che altro non vuol essere se non un libretto di coltura generale, non si può ommettere di ricordare una fandonia celebre divulgata in sul finire del secolo decimonono, e che presa alla lettera, *la Luna a un metro*, faceva credere che col cannocchiale esposto all'Esposizione universale di Parigi del 1900 si potesse giungere a vedere la Luna come la si vedrebbe ad occhio nudo alla distanza di un metro. Oggi si sa che coi più potenti cannocchiali non si potrà superare un avvicinamento di circa 170 chilometri, ossia non si potrà arrivare a vedere la Luna di più che se essa fosse vista ad occhio nudo alla distanza di 170 chilometri. Ora, che cosa mai si può discernere a tale distanza? L'americano Pickering ha creduto di constatare sulla Luna certe mutazioni di tinta che, secondo lui, accennerebbero alla esistenza sul nostro satellite di neve e di vegetazione; ma le sue affermazioni non ebbero altro séguito: esse hanno avuto però dei precedenti, e Gruithuisen, Mädler e Klein vollero spiegare certe variazioni di colorito che sembrano periodiche, facendo intervenire qualche meschina vegetazione a periodo mensile (Vedi Müller: *Elementi di astronomia*, II, pag. 205, e Klein, *Kosmologische Briefe*, 1891, pag. 235). Ma siccome queste variazioni di colorito sono incerte, ed in ogni caso spiegabili otticamente, così, se non m'inganno, Klein abbandonò le sue idee al riguardo, giacchè non riuscii a trovarne cenno, o m'è sfuggito, nel suo *Handbuch der Allgemeinen Himmelsbeschreibung*, Braunschweig, Vieweg, 1901. Quindi se sulla Luna avvengono mutazioni (qualunque possa d'altronde esserne la causa a noi ora e per

sempre incognita), esse non potranno venire avvertite da noi se non avranno le dimensioni sopra accennate; e ci si può domandare se il cannocchiale ci abbia già rivelato qualche cosa di tal fatta. Alcuni astronomi sostengono che si siano già constatate di così fatte mutazioni, altri lo negano, attribuendo i vari aspetti avvertiti in taluni punti del disco lunare ad effetti di illuminazione e posizione, e non le ritengono quindi reali. Newcomb ritiene però, con H. Klein e W. H. Pickering, reali le mutazioni osservate in una regione detta Hyginus e quelle annunziate nel 1904 dal Pickering stesso nel circo montagnoso detto Platone. Lasciando quindi sospesa la questione di mutazioni reali sulla Luna, che l'avvenire risolverà o non, sta il fatto che se ne avvenissero in proporzioni adeguate noi potremmo vederle, poichè la porzione del globo lunare che è visibile agli abitatori della Terra, quando il nostro cielo è limpido e trasparente, si mostra sempre nitida, chiara, mai velata od offuscata da vapori o nebbie, giacchè, per quanto si sa, nella Luna non vi è acqua, ed assai probabilmente neppure aria; in breve, la Luna non ha atmosfera, o se l'ha essa è tenuissima, sottile, di densità così piccola da potersi appena paragonare a quella del così detto vuoto della macchina pneumatica, come fecero vedere Du Séjour e Bessel, ed è completamente trasparente.

Circa l'esistenza di un'atmosfera sensibile e paragonabile alla nostra sulla Luna, le opinioni degli astronomi furono a lungo divise, e molti di essi credevano che essa fosse confinata nelle cavità e nei burroni onde è come scavata e solcata la Luna; oggi la maggioranza accetta le conclusioni di Bessel, ritenendo forse l'atmosfera lunare ancora più sottile e leggiera di quanto pensava il sommo astronomo; e vogliono che la densità di quella sia inferiore ad $^{1}/_{2000}$ della nostra, ossia praticamente non esiste, come Huygens aveva esplicitamente dichiarato fin dal 1698. L'assenza di un'atmosfera trae con sè quella dell'acqua allo stato liquido o vaporoso: si potrebbe pensare che l'acqua esista sulla Luna allo stato solido, cioè sotto forma di ghiaccio. Loevy e Puiseux dallo studio delle tavole del loro Atlante lunare deducono che tanto per le

calotte polari quanto per le zone equatoriali è estremamente improbabile l'accumulazione di ghiaccio. In questi ultimi anni Rutherfurd ottenne delle imagini stereoscopiche lunari: il loro aspetto suggerì ad alcuni l'idea che la superficie della Luna consista essenzialmente di ghiaccio; ma si riconobbe che quell'impressione proveniva unicamente da un'illusione stereoscopica. Dunque è certo che la superficie lunare non è materiata di ghiaccio; ma noi ignoriamo completamente di qual cosa essa lo sia. La Luna brilla unicamente di luce solare riflessa, laonde l'analisi spettroscopica del suo lume, nulla ci può dire, nè ci dice sulla costituzione chimica dell'astro. I trattati d'astronomia descrivono ampiamente l'aspetto della superficie lunare quale risulta dall'osservazione diretta, dalle carte, dalle fotografie: noi, quindi, possiamo limitarci a raccontare rapidissimamente l'istoria delle teorie immaginate a spiegare quell'aspetto e quelle configurazioni, nonchè la mancanza d'atmosfera. Avvertiamo però che ammessa com'è la mancanza d'acqua sulla Luna, il nome di *mari* che si applica a molte sue macchie è puramente figurativo e simbolico e non accenna punto all'esistenza colassù di qualche cosa d'analogo ai nostri oceani.

Per rispondere alle due questioni sopra accennate ne conviene risalire a quanto fu pensato intorno all'origine della Luna. Cominciamo a dire che il globo lunare benchè, come constatò Wichmann nel 1848, il suo disco sia sensibilmente circolare, non è perfettamente sferico. Newton aveva già osservato che ciò non poteva nello stato reale delle cose accadere, e che il diametro lunare rivolto verso la Terra doveva essere più lungo dell'asse di rotazione. D'Alembert nel 1761 confermò quest'asserzione, come fecero a loro volta Lagrange e Laplace. Le osservazioni di Nicollet nel 1825, Stambucchi e Kreil nel 1857 e Wichmann nel 1848 diedero per l'allungamento della Luna verso la Terra un valore alquanto maggiore di quello assegnato dalla teoria: si tratta però di quantità assai piccola, e pertanto la Luna viene considerata come sferica, col raggio assegnato nel quadro al fine del presente libretto. Sull'origine del globo lunare non si cominciò a

riflettere se non dopo che Kant e Laplace ebbero pubblicate le loro teorie cosmogoniche sull'origine del sistema solare. In quelle teorie e segnatamente in quella più elaborata e completa di Laplace, della quale se lo spazio ce lo consentirà discorreremo più avanti, si ammette che, in un tempo da noi oltre ogni immaginar remoto, quel globo che doveva poi essere dimora dell'umanità, era pastoso, fluido, caldissimo e ruotante con una rapidità così grande sopra sè stesso, da compiere in cinque o sei ore quella rotazione che ora ne richiede ventiquattro. La grande velocità produceva nei materiali costituenti quel globo, poco saldamente connessi fra loro, una tendenza al distacco e quindi al separarsi dalla massa primitiva. Vuolsi che quel distacco sia avvenuto e che il frammento separatosi abbia fornito la materia per la formazione di quel corpo che noi poi denominammo Luna: la mutua attrazione delle sue parti foggiò poi a figura rotonda quella massa fluida, caldissima e ruotante. G. H. Darwin, matematico insigne, figlio del celebre naturalista, fece chiaro, come per le maree che la Terra generava sulla Luna in quel primissimo stadio di sua evoluzione, sia stato prodotto il fenomeno del volger verso noi sempre la faccia medesima esibito dalla Luna. A questo riguardo vogliamo qui menzionare, poichè di più non consente lo spazio e l'indole di questo libretto, le acute speculazioni dell'astronomo inglese Proctor, forse a torto trascurate. Lo stesso originalissimo astronomo fece rivivere un'idea emessa da Gruithuisen nel 1846, che cioè molti dei piccoli crateri o cavità lunari siano stati in quell'epoca di plasticità formati dalla caduta di grossi areoliti venuti dalle profondità dello spazio; idea questa sostenuta anche da Gilbert, che alcuni dotti vollero appoggiare ad esperienze di laboratorio istituite dal signor Alsdorf; ma che sembra non si possa conciliare coi fenomeni che sarebbero considerati in essa come causa efficiente. I grandi crateri o circhi o cavità ripetono invece, pare, la loro origine da quell'attività vulcanica che ora sembra completamente spenta alla superficie lunare, oppure, se vuolsi evitare la parola vulcanismo, che non era del gusto dei signori Faye, Meunier ed Alsdorf, dall'opera di

forze interne, che oggi sembrano anch'esse aver perduto ogni efficacia di modificazione della superficie lunare: forze interne che invece il signor Puiseux, una delle massime autorità in argomento, ritiene siano state i fattori principali della configurazione attuale del nostro satellite. Si avverta però ad ogni buon fine che tutte le speculazioni intorno all'origine dell'aspetto lunare sono fondate, per la natura delle cose, solamente sull'osservazione di quella porzione del globo lunare che è a noi visibile, poichè della rimanente nulla sappiamo. Appena ci è dato scrivere il nome di altre teorie lunari: *dei vortici* del sig. Rozet, *delle maree interne* del Faye, che avrebbe a suo sostegno alcune esperienze dei signori H. Ebert e W. H. Pickering, *dell'ebullizione* del sig. Stanislao Meunier, e quella *glaciale* del sig. Ericson.

Si è visto come la Luna manchi praticamente di qualsiasi atmosfera sensibile: la sua superficie non può quindi più subire modificazioni che siano effetto degli agenti atmosferici, come avviene invece ed in larghissima scala sulla Terra; l'esame però della superficie lunare induce a pensare che in altre epoche remote l'atmosfera lunare fosse ben più ragguardevole. A questa conclusione si giunge anche, considerando il raffreddamento progressivo della massa fluida, che costituì originariamente la Luna; raffreddamento che deve essersi prodotto assai più rapidamente che per la Terra, date le dimensioni lunari tanto inferiori a quelle terrestri. In quel progressivo raffreddamento si dovette, data l'origine fluida, giungere ad un'epoca in cui sul nucleo ancora fluido lunare insisteva una crosta solida avvolta da un'atmosfera di gas e vapori; come e perchè è scomparsa quest'atmosfera? Due teorie furono dimostrate intieramente infondate: quella di Wiston, secondo la quale una cometa, passando presso la Luna, ne avrebbe assorbito o trascinato via tutta l'acqua e l'aria; l'altra, di autore ignoto, richiamata a vita, lo dicemmo, dal sig. Ericson, che ammetteva che l'intensità del freddo al quale durante le lunghe notti è esposta la Luna, abbia prodotta la congelazione prima dell'acqua e poi dell'aria. Hansen emise l'idea che per l'azione della gravità l'acqua e l'atmo-

sfera siano state attratte nell'emisfero dell'astro a noi invisibile e più lontano; ipotesi che anch'essa è soggetta ad obbiezioni gravissime; si è provato infatti che la figura che essa suppone nella Luna non è stabile, e che dato pure che lo fosse, sarebbe inetta a produrre l'effetto che colla supposizione di essa si vorrebbe spiegare.

Una teoria assai plausibile della mancanza d'acqua sulla Luna è quella del geologo tedesco Seaman (1861); essa fu però indipendentemente messa innanzi da Frankland in Inghilterra, da Stanislao Meunier in Francia e da Sterry Hunt in America. Quella teoria si può semplicemente così enunciare: i mari esistenti già sulla superficie della Luna sono stati gradatamente attratti nell'interno di essa, inghiottiti, assorbiti, per dir così, meccanicamente e chimicamente, penetrando nelle cavità interne, e combinandovisi colle sostanze costituenti l'interno ancora caldissimo della Luna: penetrazione meccanica e contemporanea combinazione chimica che a loro volta sarebbero state origini di violenti scoppii ed eruzioni; ancora oggi si ricorre a qualche cosa di analogo a quei due processi per spiegare alcune manifestazioni vulcaniche terrestri. La stessa teoria porta che un procedimento simile, ma più essenzialmente chimico che meccanico, abbia condotto all'assorbimento della massima parte dell'atmosfera, che in un dato periodo dell'esistenza cosmica della Luna, senza dubbio l'avvolgeva. L'americano Winchell nel suo magnifico libro *Cosmical Geology* si dichiara completamente favorevole a quel modo di pensare.

Nel 1867 il signor Johnstone Stoney prese a studiare le condizioni fisiche necessarie all' esistenza di un'atmosfera sopra un dato corpo celeste, e si occupò essenzialmente del sistema solare. Egli dimostrò che l'assenza di atmosfera nella Luna è una conseguenza diretta della teoria cinetica dei gas: la stessa opinione fu pure espressa dal sig. Tolver Preston, ed ora è generalmente ammessa, sebbene non scevra da obbiezioni, poichè non contrasta per nulla ai fatti osservati. L'ipotesi fondamentale della teoria cinetica o meccanica dei gas è la seguente. Si ammette che le mole-

cole dei gas invece di oscillare, come nei corpi solidi, attorno alla loro posizione d'equilibrio, siano animate da movimenti rapidissimi rettilinei ed uniformi di traslazione in tutte le direzioni. Le molecole di un gas stanno, in generale, a distanze tali le une dalle altre, che le forze molecolari divengono trascurabili: quando due molecole nel loro cammino passano vicinissime l'una all'altra, quelle forze divengono attive per brevissimo tempo, cioè fino a che esse non si trovino di nuovo a quella distanza alla quale quelle forze sono ritornate inerti. Durante quel cortissimo intervallo di tempo, la forza molecolare agisce in modo energico, succede un urto ed un rimbalzo delle due molecole, ed i loro movimenti ne rimangono notevolmente modificati. Ad ogni gas corrisponde, in date circostanze, una particolare velocità delle sue molecole. Ora Stoney ha dimostrato che nelle circostanze corrispondenti alla massa della Luna, le velocità delle molecole di gas, quali quelli che compongono la nostra atmosfera sono sufficientemente grandi, o vi possono divenir tali da vincere l'attrazione, staccarsi dal globo lunare ed abbandonarlo per non farvi mai più ritorno. Quindi l'atmosfera che assai probabilmente la Luna possedette una volta venne man mano assottigliandosi sempre più, e scemando fino a scomparire quasi completamente, come in oggi risulta dalle osservazioni. D'altra parte la velocità necessaria alle molecole dei gas che costituiscono la nostra atmosfera per uscire dalla sfera di attrazione della Terra, non sembra possa essere raggiunta. Ecco la cagione per la quale la Terra ha una copiosa atmosfera, mentre la Luna ne manca affatto, o se l'ha essa è sottile e tenue oltre ogni credere. La teoria di Stoney chiarisce ancora come la Terra non possa trattenere stabilmente nella sua atmosfera l'idrogeno e l'elio liberi; ed inoltre come il vapore d'acqua non possa rimanere permanentemente nelle atmosfere di Mercurio e di Marte. Probabilmente nessuno dei satelliti del sistema solare, eccettuato forse quello di Nettuno, può possedere una atmosfera alquanto densa. Che cosa sono divenute tutte quelle molecole di gas che costituivano l'atmosfera dei corpi del nostro sistema planetario

che oggi ne mancano? Lo spazio interplanetario ne è forse affollato, specie di quelle dei gas più leggieri, e probabilmente quelle che non furono catturate dai corpi maggiori formano un anello di particelle molto disseminate, circolanti indipendentemente le une dalle altre attorno al Sole, e l'orbita della Terra sarebbe l'asse curvilineo di quell'anello. Puiseux (*La Terre et la Lune*, 1908, pag. 106) crede che in quel concetto stia una possibile spiegazione della luce zodiacale (1).

La Luna che illumina così splendidamente le nostre notti, ci invia essa colla luce anche del calore? Si fecero molti e vani tentativi per dare a questa domanda una risposta; il primo cui venne ciò fatto fu Macedonio Melloni nel 1846, che colle sue ricerche, istituite in unione a Belli e Mossotti, dimostrò in modo indiscutibile l'azione dei raggi lunari concentrati con mezzi ottici sopra un apparecchio termoelettrico dei più sensibili. Questo risultato fu poi confermato dalle esperienze di lord Rosse, Piazzi-Smith, Huggins, Marié Davy e Baille; da questi lavori tutti risulta che la Luna produce bensì sulla Terra una elevazione di temperatura; ma che l'entità di questa azione calorifica è così tenue, da non poter essere constatata che coi mezzi più sensibili.

Non diremo neppure una parola circa la credenza all'influenza lunare su molti fatti terrestri: quella è storia delle debolezze e dei pregiudizi della mente umana, e non può trovar posto in una storia, sia pure

---

(1) Per la storia della teoria cinetica dei gas vedi il capitolo V della *Storia della Chimica* di Sir Edoardo Thorpe, con introduzione e note di Rinaldo Pitoni, Torino, Sten, 1911. Circa l'asserzione di Stoney che la Terra non sembra poter trattenere stabilmente l'idrogeno e l'elio liberi, avvertiamo che essa non è generalmente accolta: così Hann nella sua classica *Meteorologia*, ammette che a 100 chilometri d'elevazione sul mare l'atmosfera sia composta quasi intieramente di idrogeno: ma di una tendenza ad una così fatta costituzione dell'atmosfera le osservazioni nulla hanno rivelato, vedi Trabert, *Lehrbuch der Kosmischen Physik*, Teubner, 1911, p. 305.

popolare e modesta, dell'astronomia, che è storia, invece, delle più nobili conquiste dello spirito umano. Ci limiteremo a ricordare un dotto lavoro di Giovanni Schiaparelli circa l'influenza della Luna sul tempo; di esso trascriviamo qui la seguente conclusione:

« A coloro dunque che ci domandano se l'influenza della Luna sui fenomeni atmosferici si può riguardare come accertata, risponderemo con Arago e con Kaemtz essere difficile ancora dubitarne.

« Ma ciò non conduca all'illusione che tali influssi possano essere di essenziale aiuto per predire le vicende atmosferiche. Il grande produttore e regolatore di queste vicende sarà sempre il Sole: il suo influsso, e le perturbazioni che la rotazione e configurazione della superficie terrestre inducono nella sua azione, saranno sempre gli elementi determinanti lo stato del cielo: le azioni della Luna non potranno apportarvi che modificazioni affatto secondarie, che si perdono nelle grandi oscillazioni prodotte dagli influssi solari diretti e riflessi. E ciò è tanto vero che 38 anni di osservazione appena furono sufficienti a dimostrare l'esistenza dell'influsso lunare attraverso alle infinite irregolarità del tempo, dalle quali, non senza lungo lavoro, s'è riuscito ad estricarlo ed a renderlo manifesto ».

27. — **Marte.**

Questo pianeta dal rosso colore ha fatto molto disputare gli astronomi, e specialmente dopo le osservazioni di esso che Schiaparelli iniziò nel 1877. Il color rosso di Marte, spiccatamente cospicuo quando esso è in opposizione, gli fece applicare dagli Ebrei e dai Greci l'appellativo di *ardente*, *infocato*: quel colore sanguigno è ricordato da Dante nella seguente terzina:

> Ed ecco qual sul presso del mattino,
> Per li grossi vapor Marte rosseggia
> Giù nel ponente sopra il suol marino.
>
> *Purgatorio*, Canto II.

L'Alighieri qui si fa eco dell'opinione prevalente al suo tempo che il rosso colore di Marte fosse ad esso conferito dalla nostra atmosfera: opinione rimasta fino quasi ai giorni nostri nell'astronomia. A sostituire l'antico modo di credere ne venne poco per volta divulgandosi un altro, quello che la colorazione fosse dovuta all'atmosfera di Marte stesso: ora anche quest'opinione è abbandonata, e la spiegazione del rosseggiare di Marte è data come appare dalle seguenti parole di Schiaparelli.

« Alcuno ha creduto di attribuire questa colorazione all'atmosfera del pianeta, attraverso alla quale si vedrebbe colorata la superficie di Marte, come rosso diventa un oggetto terrestre qualsiasi, veduto a traverso vetri di tal colore. Ma a ciò si oppongono più fatti, fra gli altri questo, che le nevi polari appaiono sempre del bianco più puro, benchè i raggi di luce da esse derivati attraversino due volte l'atmosfera di Marte sotto una grande obliquità. Noi dobbiamo concludere che i continenti marziali ci appaiono rossi e gialli perchè tali veramente sono ». Discorreremo più avanti di codeste nevi e codesti continenti. Diciamo ora quanto di essenziale è noto sull'atmosfera di Marte.

L'analisi spettrale fu applicata anche alla luce di Marte, ed il più recente e completo lavoro al riguardo è quello dell'astronomo americano Campbell. Egli era stato preceduto in cotali ricerche da Janssen, Rutherfurd, Secchi, Vogel, Maunder ed altri. Le ricerche di questi spettroscopisti condussero complessivamente al risultato che l'atmosfera di Marte è analoga alla nostra, e contiene del vapore d'acqua; ma è tuttavia molto più esile: in essa si formano però talvolta nubi o nebbie, ma molto meno dense e più scarse delle nostre, così che talvolta offuscano e velano la reale superficie del pianeta. Quanto a quello che coi mezzi odierni dell'astronomia si può vedere sul pianeta del quale stiamo trattando, ecco che cosa scrive Schiaparelli: « In Marte si può arrivare a distinguere come punto un oggetto rotondeggiante di 60 o 70 chilometri di raggio, e come linea sottile una striscia di 30 chilometri di larghezza. Il corso di un fiume come il Po sarebbe facile a distin-

guersi sulla Luna per quasi tutta la sua lunghezza, ma nessuno dei maggiori fiumi della Terra riuscirebbe a noi visibile in Marte. E mentre nella Luna una città come Milano (od anche come Pavia) sarebbe già un oggetto ben visibile a noi, in Marte non potremmo sperare di vedere neppure Parigi o Londra, ed appena con molta attenzione, sarebbe possibile distinguervi isole rotondeggianti della grandezza di Majorca, od isole allungate grandi come Candia o Cipro ».

Johnstone Stoney partendo dalla teoria cinetica dei gas ha trovato che, a cagione della debole attrazione del pianeta, il vapore d'acqua non potrebbe rimanere permanentemente sul pianeta, ma che le molecole dovrebbero essersi disperse nello spazio; e le calotte polari sarebbero formate da acido carbonico depositato in forma di neve. L'analisi spettroscopica non ha trovato nulla che potesse accordarsi con queste vedute puramente teoriche.

Sopra Marte si osservano due macchie bianche che occupano le regioni circostanti ai due poli di rotazione del pianeta. Il colore, la posizione, la variazione di queste macchie in grandezza colla situazione dell'astro rispetto al Sole, fecero nascere l'idea che esse siano prodotte da masse di materia, non troppo inverosimilmente acqua congelata e cristallizzata, analoghe alle nevi polari terrestri; e perciò furono quelle macchie dette esse pure *nevi*, e questo nome è rimasto in *areografia*. In greco Marte si chiama *Ares*, e quanto si riferisce alla descrizione di questo pianeta si dice *areografia*, come si chiama *geografia* la descrizione della nostra Terra. A quanto sembra il primo ad avvertire le bianche calotte polari di Marte fu Maraldi nel 1672; ma egli pensa che esse lo fossero state cinquant'anni prima di lui, e da lui proviene l'opinione che si tratti di ammassi di neve o di ghiaccio. Herschel studiando nel 1781-1783 quel pianeta trovò che il concetto di Maraldi rendeva ragione dei fatti osservati. Quelle macchie furono poi molto studiate da Mädler, uno dei più insigni areografi, e da quanti fino ad oggi si occuparono dell'aspetto di Marte e seguirono le variazioni, le apparizioni e le scomparse di quelle calotte, e sono principalmente Kayser, Lockyer, Green,

Harkness, Lohse, Keeler, Perrotin, Flammarion (che ha pubblicato una magistrale opera sopra il pianeta che ci occupa), Denning, Brenner, Cerulli, Lowell, Deslages, Antoniadi, e sopra tutti Schiaparelli. Sulle carte di Marte, disegnate da tutti questi astronomi, compaiono delle macchie oscure, intercalate a regioni chiare, variamente distribuite, che furono dette anche esse *mari* (le oscure) e *continenti* (le chiare). L'astronomo americano Schaeberle pensa l'opposto e vuole che le regioni oscure siano continenti e quelle chiare mari.

Una scoperta particolarmente interessante la topografia di Marte è quella fatta da Schiaparelli nel 1877: egli trovò che le macchie più chiare, i così detti continenti, erano attraversate in tutte le possibili direzioni, da linee sottili, quasi rette. Nell'opposizione di Marte egli osservò che una di quelle linee si era sdoppiata, e nel 1882 osservò molti di questi sdoppiamenti o *geminazioni* come egli li chiamò. Nel rilevare con metodo geometrico la carta di Marte e nelle particolarità e nel descriverle e nella scelta delle loro denominazioni, Schiaparelli si valse dei nomi *isola, lago, mare, istmo, canale, continente, seno*, per analogia a quanto si era fatto riguardo alla Luna, senza attribuire in principio a quelle parole altro che un significato rappresentativo dell'aspetto del pianeta da lui veduto. Riassumiamo brevemente la descrizione dell'aspetto del pianeta secondo Schiaparelli.

In Marte avvengono tanto sulle terre quanto sui mari, cambiamenti di tinta variamente rapidi: non esistono su esso grandi masse continentali continue, ma tutta la superficie del pianeta è divisa da molti canali in un numero stragrande di isole. Ciascuno di questi canali sbocca alla sua estremità in un altro canale, in un mare, in un lago, od in un crocicchio di parecchi canali. Questi canali sono striscie sottili di colore più o meno pronunziato, e di aspetto molto variabile: esse percorrono sul pianeta spazii talvolta lunghissimi con corso regolare, che in nulla rassomiglia l'andamento serpeggiante dei nostri fiumi: alcune più brevi non arrivano a 500 chilometri, altre invece si estendono a più migliaia occupando un quarto

ed anche talvolta un terzo di tutto il giro del pianeta. La loro larghezza è molto varia, e da poco meno di 30 chilometri, può salire a 300 nel canale denominato *Nilosirte*. L'aspetto normale di un canale è quello di una striscia quasi uniforme, di colore oscuro, simile a quello dei mari, in cui la regolarità del generale andamento non esclude piccole irregolarità e sinuosità. Per ora non appare esista alcuna legge nella distribuzione di questi canali, variabili da volta a volta di dimensioni o di colore: fra le più curiose variazioni è da notarsi quella della *geminazione* o *sdoppiamento* dei canali medesimi. Ecco in che consiste il fenomeno. Il canale veniva osservato sotto una certa forma, o sotto parecchie, poi, qualche giorno o qualche ora dopo, per un processo di decomposizione, i cui dettagli sono a tutt'oggi ignoti, si mostrava sdoppiato; vale a dire composto di due striscie vicinissime e parallele: le geminazioni talvolta erano diverse per intensità e natura di tinte: come lo erano per la distanza delle due linee che le costituivano. Questa distanza da 600 chilometri per alcune geminazioni, scende fino all'ultimo limite in cui due linee possono apparir separate nei telescopii, cioè meno di 50 chilometri; la larghezza di ciascuna striscia per sè può variare dal limite di visibilità, che supponiamo sia di 30 chilometri, fino a più di 100. Dalle osservazioni di Schiaparelli verrebbe qualche peso all'opinione che il fenomeno delle geminazioni sia regolato dal periodo delle stagioni di Marte, e che l'epoca meno favorevole allo svolgersi di esso sia quella del solstizio australe del pianeta: le geminazioni non sarebbero, secondo Schiaparelli, formazioni stabili della superficie di Marte, come lo sarebbero invece i canali. L'osservazione delle geminazioni è una delle più difficili e non può riuscire che ad un occhio bene esercitato, armato di un telescopio ottimo e di grande potenza: ciò spiegherebbe perchè essa non sia avvenuta prima del 1882, e perchè anche dopo sia stato dato di vederle a ben pochi astronomi. Questi i tratti generali di Marte secondo Schiaparelli: toccheremo fra poco della loro spiegazione; vediamo ora come le dette geminazioni siano state accolte in astronomia. Le geminazioni furono negate dagli inglesi Christie e

Maunder nel 1882, che le attribuirono ad un'illusione ottica. Nel 1886 confermarono le osservazioni di Schiaparelli i francesi Thollon e Perrotin, ed alcune geminazioni furono viste da Stanley William nel 1890, da Schiaparelli dopo il 1892, e da Perrotin. Il più ardente sostenitore della realtà dei fatti e delle cose viste da Schiaparelli è l'americano Lowell: altri astronomi per contro che osservavano del pari in buone circostanze e con potenti cannocchiali, non riuscirono a vedere nè i canali nè le geminazioni. Newcomb osserva a tal proposito che anche i disegni degli osservatori che constatarono i *canali*, si scostavano fra loro nei dettagli di tanto, che ad esempio i *canali* di Schiaparelli non si possono identificare sulle carte di Lowell. Quest'ultimo fotografò Marte, e volle riscontrare sulle piccolissime imagini tutti i dettagli dei canali. Schiaparelli riteneva che questi canali fossero *tali di fatto e non solo di nome*, e trascriviamo in prova di ciò due passi de' suoi scritti del 1893.

« In questi casi si vede manifestamente la superficie oscura del mare continuarsi senza interruzione apparente in quella del canale; quindi, ammesso che le superficie chiamate mari siano veramente espansioni liquide, non si può dubitare che i canali siano di esse un semplice prolungamento a traverso delle aree gialle o dei continenti. Che del resto le linee dette canali siano veramente grandi solchi o depressioni della superficie del pianeta destinate al passaggio di masse liquide e costituiscano su di esso un vero fenomeno idrografico, è dimostrato dai fenomeni che in quelli si osservano durante lo struggersi delle nevi boreali. Già dicemmo che queste nello sciogliersi appaiono circondate da una zona oscura, formante una specie di mare temporario. In tale epoca i canali delle regioni circostanti si fanno più scuri e larghi, ingrossando al punto da ridurre in un certo momento, ad isole di poca estensione tutte le aree gialle fra l'orlo della neve ed il 60° parallelo nord. Tale stato di cose non cessa se non quando le nevi, ridotte ormai al loro minimo di estensione, cessano di struggersi. Si attenuano allora le larghezze dei canali, scompare il mare temporario, e le aree gialle riprendono l'esten-

sione primitiva. Le diverse fasi di questa grandiosa operazione si rinnovano ad ogni giro di stagione ed i loro particolari si sono potuti osservare con molta evidenza nelle opposizioni degli anni 1882, 1884, 1886, quando il pianeta presentava allo spettatore terrestre il suo polo boreale. L'interpretazione più naturale e più semplice è quella che abbiamo riferito di una grande inondazione prodotta dallo squagliarsi delle nevi; essa è intieramente logica e sostenuta da evidenti analogie con fenomeni terrestri. Concludiamo pertanto che i canali *sono tali di fatto e non solo di nome* ».

« La rete da essi canali formata, probabilmente fu determinata in origine dallo stato geologico del pianeta, e si è venuta lentamente elaborando nel corso dei secoli. Non occorre suppor qui l'opera di esseri intelligenti; e malgrado l'apparenza quasi geometrica di tutto il loro sistema, per ora incliniamo a credere che essi siano prodotti dall'evoluzione del pianeta, appunto come sulla Terra il canale della Manica o quello di Mozambico » (1).

L'astronomo americano Schaeberle è di parere diametralmente opposto a quello di Schiaparelli, e sostiene che le regioni chiare di Marte sono mari e quelle oscure continenti. Le linee oscure che attraversano le regioni chiare sarebbero secondo lui, non canali, ma catene di montagne, le cui cime emergerebbero dalla superficie delle acque, come una serie di isole. Oggi poi (settembre 1910) fu dal dott. Guglielmo Krebs tirata in campo l'azione vulcanica su Marte a spiegare i tratti e le variazioni che vi si osservano: e la rete dei canali è paragonata alla rete di linee tettoniche e sismiche che s'incontrano sulla Terra. Circa le geminazioni, e le spiegazioni che ne furono

---

(1) La parola *geologico* adoperata in questo brano da Schiaparelli, non deve intendersi letteralmente, come relativa alla Terra in base alla sua etimologia, ma a qualche cosa di analogo riferentesi a Marte: essa parola potrebbe venir cambiata in *areologico*, che anche etimologicamente rappresenta quell'idea.

proposte, Schiaparelli così scrive: « Alcune di tali ipotesi non sarebbero neppur nate, se i loro autori avessero potuto esaminare le geminazioni coi proprii occhi. Che se alcuno di questi ragionando *ad hominem*, mi domandasse: sapete voi immaginare qualche cosa di meglio? risponderei di no... ». « Più facile sembrerebbe il còmpito di una spiegazione plausibile se volessimo introdurre forze appartenenti alla natura organica, dove il *campo delle supposizioni* è semplicemente immenso, tanto nel regno vegetale, quanto nell'animale per spiegare con mezzi relativamente piccoli e semplici le varie apparenze ». A titolo poi di *voli della fantasia*, e di *pure imaginazioni* come le chiama lo stesso Schiaparelli, egli si lasciò trascinare dall'*ipogrifo* ad emettere supposizioni sull'origine artificiale delle apparenze di Marte; e cioè a pensare che quelle apparenze e quelle variazioni potessero essere l'opera di creature intelligenti abitanti Marte. Quelle supposizioni, quei voli della fantasia, fraintesi e creduti asserti formali dell'insigne astronomo, divulgarono senz'altro la credenza che i canali fossero effettivamente costrutti dagli abitanti di Marte per irrigare il loro pianeta. Quest'opinione è mantenuta oggi ancora dall'astronomo americano Lowell, che la svolse e sostenne nel suo libro intitolato *Mars as the abode of life* (Marte come sede della vita). Arrhenius pensa egli pure essere sommamente probabile che su *Marte alligni la vita organica* (*Il divenire dei Mondi*, edizione italiana, p. 39). L'astronomo americano Lane Poor scrive: « La realtà oggettiva delle figure rettilinee, o così detti canali, non è stata sufficientemente stabilita » (*The Solar System*, London, Murray, 1908).

L'astronomo francese André (*Les Planètes et leur origine*, Paris, Gauthier-Villars, 1909); scrive senz'altro: « *Les canaux de Schiaparelli et Lowell n'existent pas* ». — « *Quant aux canaux fins et rectilignes signalés par Schiaparelli ce sont des illusions d'optique et elles sont faciles à expliquer* ». — « *Rien donc, de ce qu'en s'appuyant sur l'existence de cette canalisation, je dirais même volontiers de cette surcanalisation de Mars, on a imaginé pour décrire le mode de vie intellectuelle et physique des habitants supposés de la planète, n' a aucun fondement*

de réalité. Nous n' en savons à ce sujet aujourd'hui pas beaucoup plus que ce que disait Secchi: Mars est une planète d' aspect triste et monotone, très peu pourvue d' eau rélativement à nous et dont l' atmosphère est beaucoup moins dense que la notre. Les conditions de la vie y sont certainement bien différentes de celles au milieu des quelles l' homme poursuit sur la Terre le cours de son existence ». Newcomb e Scheiner negano pure l'oggettività reale dei canali di Marte, e li spiegano con illusioni ottiche (1). Sorvoliamo sulle spiegazioni proposte da Schmidt, Meisel, Delaunay, Mayer, Meunier, a chiarire le apparenze e le mutazioni vedute in Marte, come soggette a troppe obbiezioni; e veniamo alla così detta *teoria ottica* messa innanzi dal dott. Vincenzo Cerulli, proprietario di un magnifico osservatorio a Teramo, Collurania, e che, gentiluomo ricchissimo, coltiva con splendido successo la scienza degli astri per mera nobilissima passione. L'esposizione di questa teoria fu data in due memorie sopra Marte costituenti i numeri I e III delle pubblicazioni dell'osservatorio di Collurania, ed un succoso riassunto ne fece l'autore in un articolo l' *Imagine di Marte* nel volume I, 1907, della *Rivista di Astronomia*. Lo spazio, qui vero tiranno, assegnato alla presente opera ci vieta di diffonderci su questo attraente argomento; e ci costringe a dire brevissimamente della teoria ottica del Cerulli.

Il dott. Cerulli stava un sera guardando la Luna con

---

(1) Newcomb nella sua *Populäré Astronomie* cita il nome del dott. Cerulli, ma non dichiara, come a questi si debba la spiegazione ottica dei canali, che Newcomb poi accetta nella sua *Astronomy for every body*: Scheiner rende piena giustizia ai lavori del valoroso areografo nostro; cosa che non fecero nè Moreux, nè Lane Poor, nè André, che mostrarono di ignorarne completamente le accuratissime feconde indagini, ben ricordate da Flammarion nel suo libro su Marte: e che se non andiamo errati non furono menzionate neppure da Klein nel suo *Handbuch der allgemeine Himmelsbeschreibung* (Braunschweig Vieweg, 1901). Ricordiamo qui ancora tre illustri areografi: Lohse — tedesco, che dichiara di non essere riuscito a vedere nulla di quanto aveva visto Schiaparelli —, William Pickering, Kayser.

un binoccolo da teatro, e avvertì su di essa delle linee oscure che per la loro ragguardevole lunghezza e pel regolare aspetto gli ricordavano vivacemente i canali di Marte. Ogni imagine ingrandita più di quanto la mostrasse il binoccolo lascia facilmente scorgere come si producano le apparenze di questi canali della Luna. Il nostro occhio inconsciamente, con una visione non sufficientemente penetrante, nelle maggiori macchie lunari, che l'una coll'altra si compenetrano, cerca una disposizione la più semplice possibile. Ora la minima distanza di Marte dalla Terra non è minore di 146 volte quella della Luna dalla Terra. Studiando allora il pianeta con un ingrandimento di 600 volte (oltre il quale limite si può difficilmente passare), Marte ci appare nei potenti cannocchiali moderni avvicinato tanto quanto la Luna in un binoccolo da teatro che ingrandisca quattro volte. Quindi i canali di Marte potrebbero, come i canali della Luna, provenire da un' illusione, solamente perchè i nostri odierni telescopii non valgono a farci riconoscere, ed a risolvere i canali di Marte in macchie separate. Cerulli ritiene che non solo i canali siano illusori, ma che lo siano anche le altre macchie, denominate *mari* e *continenti*: egli avverte che la superficie di Marte appare nel primo momento dell'osservazione ben diversamente che dopo una lunga contemplazione, quando entra in azione l'intelletto, o la facoltà integrante dell'occhio. Se un simile fatto non avviene per gli altri pianeti si è perchè le macchie di Marte sono molto piccole e poco contrastano coi dintorni, così che esse effettivamente stanno fuori del limite di visibilità, e non sono discernibili che nei momenti eccezionalmente favorevoli, e particolarmente al principio dell'osservazione. Le geminazioni vengono da Cerulli attribuite ad un procedimento d'integrazione dell'occhio rispetto a certe disposizioni di macchie, e sarebbero anch'esse illusioni ottiche, che egli ritiene saranno dissipate, quando l'astronomo potrà disporre di cannocchiali più potenti d'assai degli attuali. Evans e Maunder hanno istituito delle esperienze (copia di disegni), che confermerebbero la teoria ottica, e su preghiera di Newcomb, ne furono attuate delle analoghe in America sopra sè

stessi dagli astronomi W. H. Pickering, S. Bailey, E. Barnard e F. Todd, le quali, secondo André, verrebbero pure in appoggio della teoria di Cerulli (1): la quale sembra fortemente avvalorata dalle osservazioni del signor Antoniadi al grande telescopio dell'osservatorio di Meudon: questi inclina ad attenersi alla opinione di Schiaparelli che su Marte avvengano notevoli cambiamenti (*Rivista d'Astronomia*, Vol. III. p. 333). Del resto lo Schiaparelli stesso si è accostato alle idee di Cerulli, e paragona la visione di Marte a quella di una pagina di libro stampato vista a varie distanze.

« Alla distanza di 20 o 30 metri, questa pagina è da tutti giudicata come un rettangolo grigio su fondo bianco e ognuno crede di averne avuta visione piena e sicura. A questo primo stadio della visione o piuttosto della illusione, che chiameremo A, succede avvicinando il libro, lo stadio B, in cui la pagina appare una sequela di striscie, parallele, uniformi, di regolarità geometrica. Anche qui si crede di avere visione piena e sicura. Ma un ulteriore avvicinamento fa sospettare in ogni striscia delle interruzioni e delle irregolarità: stadio C; dal quale si passa allo stadio D di altra visione piena e sicura, in cui si distinguono le lettere di ciascuna parola, e la lettura diventa possibile. I primi areografi fino al 1860 si sono trovati nello stadio A. — A partire da quell'epoca, Secchi, Kayser e Dawes si avvicinarono allo stadio B scoprendo alcune linee oscure; Kayser anzi è stato il primo a vedere una geminazione. L'anno 1877 e i seguenti produssero in me ed in altri lo stadio B, cioè la visione apparentemente completa e sicura delle linee semplici o geminate del pianeta. Per merito suo (del Cerulli) ora noi entriamo nello stadio C, in cui la fede ingenua nelle regolarità delle linee e delle loro geminazioni viene scossa, e si apre la prospettiva di un nuovo stadio D, in cui quelle apparenze verranno risolute in entità di un altro ordine più minuto,

---

(1) André però non menziona Cerulli, come già avvertimmo in una precedente nota.

formanti i veri elementi della configurazione di Marte. Veri? ah no, chè il processo può col progredire dell'ottica pratica, continuare per altri gradi di visione, cioè d'illusione; ed ella avrà il merito di aver avanzato di un altro grado in questa scala ».

E così lo Schiaparelli ha tracciato la via tenuta da ogni indagine sull'aspetto dei pianeti: la natura delle cose, la limitatezza dei nostri mezzi e della nostra intelligenza impediscono che sia altrimenti. Solo l'avvenire dirà se l'*illusione* cui accenna il grande astronomo nostro possa divenire *visione* della realtà.

Uno dei satelliti di Marte, *Fobos*, il più vicino al pianeta, intorno al quale gira in qualche cosa più di 7 ore, 39 minuti, 13 secondi, procedendo da ovest verso est, presenta un caso unico nel nostro sistema planetario, cioè di un satellite che compie una rivoluzione intera attorno al suo pianeta, prima che questo abbia finita una rotazione intera intorno al proprio asse. Per conseguenza questa piccola luna di Marte, nel suo moto apparente, percorre il cielo visto da Marte da ovest verso est, levandosi cioè a ponente, per tramontare circa undici ore più tardi a levante.

28. — **Giove e i suoi satelliti.**

Circa l'aspetto fisico di Giove, così scrive il P. Müller (pag. 348-9). « Quelli che osservarono al principio del secolo XVII il pianeta Giove per mezzo del cannocchiale testè inventato non dicono niente intorno alle macchie che ora si vedono sul disco del pianeta anche in un telescopio di piccole dimensioni. Il primo che ne fece menzione fu il P. G. B. Zuppi, gesuita; dopo il quale anche i suoi confratelli di religione, i PP. Bartoli, Zucchi, Riccioli e Fr. Grimaldi insieme all'astronomo napoletano Fr. Fontana le osservarono. Le macchie vedute allora dovettero avere un aspetto generale poco diverso dal presente, cioè di *fascie* o *striscie* più o meno parallele al diametro maggiore del pianeta, ossia all'equatore planetario. Il P. Riccioli ci ha conservato nel suo *Almagesto* alcuni

dei primi disegni fatti da sè e dai predetti suoi colleghi negli anni 1639, 1643, 1644, 1648 nelle città di Napoli, Roma e Bologna. Questi disegni mostrano il disco planetario traversato da fascie parallele, ora rettilinee, ora leggermente curvate colla convessità voltata verso l'uno o verso l'altro polo ». Queste fascie equatoriali di Giove servirono a Gian Domenico Cassini a determinare per il primo la durata della rotazione del pianeta (dal 1665 al 1685) da lui fissata in 9 ore, 55 minuti, 50 secondi: egli però nel 1691 avvertì che i risultati delle misure di questa durata variano un pochino secondo la macchia che si osserva; risultato, questo, che fu confermato da Guglielmo Herschel nel 1786, e l'americano Hough nel 1881 diede una formula che rappresenta questa durata, deducendola dalle osservazioni di una macchia cospicua fra tutte quelle che si vedono in Giove: la *macchia rossa*, della quale fra poco diremo.

La rapidissima velocità di rotazione di un globo così colossale come quello di Giove deve naturalmente produrre una grande forza centrifuga, e con ciò uno schiacciamento alle estremità, o poli, dell'asse di rotazione, ed un rigonfiamento all'equatore; l'esame telescopico confermò quelle vedute teoriche, e nel 1691 Cassini fissò ad un sedicesimo circa il valore dello schiacciamento di Giove; valore poi che, all'incirca, ma assai da vicino, fu confermato dalle numerose determinazioni fatte di quello schiacciamento, e con precisione ognor crescente da quell'epoca ad oggi. La scoperta della forma di Giove schiacciata ai poli valse non poco a chiarire le idee di una simile forma per la Terra, allora solamente sospettata. Sopra Giove, Cassini notò anche delle macchie propriamente dette, una delle quali egli aveva particolarmente notata fin dal 1640: egli riteneva che quelle macchie persistano talvolta parecchi anni, con intervalli d'invisibilità più o meno completa. Quella macchia è singolarmente avvertita la *grande macchia rossa* sopra menzionata e che egli osservò anche nel 1664 sul lembo inferiore della fascia equatoriale australe, e che fu vista anche da Hooke nel 1665. Cassini tenne dietro a quella macchia fino al principio del 1666, epoca nella quale Giove

entrava in congiunzione: egli la rivide nel gennaio 1672 poi nel 1677, allo stesso sito sul disco. Maraldi la ritrova nel 1708 e l'osserva fino al gennaio 1709, ma nell'opposizione seguente essa era di nuovo scomparsa e non se ne hanno più notizie fino al 1857-58: essa fu riveduta negli anni 1870-71-73; ma non fu seriamente studiata che a partire dall'apparizione del 1878, per merito soprattutto di Niesten, Lohse, Hough, Denning, Secchi, Keeler. Molti altri osservatori s'occuparono poi dell'aspetto di Giove, delle macchie e delle fascie, mutabili di forma e di colore, che vi si osservano. Ma malgrado ciò la variabilità dell'aspetto di Giove, è tanta, che non fu possibile il disegnarne una carta. L'esame spettroscopico della luce di Giove, alcuni fenomeni osservati in connessione colle frequenti occultazioni dei satelliti dietro il disco di Giove, il suo aspetto mutabile di figura e colore fanno credere all'esistenza attorno al pianeta di un'atmosfera densa forse e non molto diversa dalla nostra. In quella, si pensa, galleggiano masse più o meno condensate: le parti brillanti del disco di Giove corrisponderebbero a masse relativamente opache e riflettenti; le zone oscure alle regioni nelle quali quell'atmosfera è relativamente serena e possiede un potere riflettente minore. Questa opinione darebbe ragione di apparenze osservate da Beer e Mädler. In quell'atmosfera, secondo Fontenelle e Guglielmo Herschel, soffierebbero dei venti analoghi agli *alizei* e *controalizei* terrestri, che cagionerebbero, come pensa anche Arago, le fascie equatoriali parallele all'equatore. Per quanto oggi si sa, Giove sembra essere un astro che si trova presentemente in uno stadio della sua esistenza cosmica intermedia fra gli stadii del Sole e della Terra. Probabilmente il pianeta è costituito da un piccolo nucleo centrale avvolto in masse enormi di vapori densi e caldissimi. La temperatura del pianeta è elevatissima, forse nel nucleo non è di molto inferiore a quella del Sole. Questa temperatura va diminuendo fino alla superficie ove non basta più a rendere il pianeta luminoso di per sè; ma l'energia del calore vi produce giganteschi sconvolgimenti, forse eruzioni immani: gli strati atmosferici poi sono in moto rapidissimo di

circolazione. André chiude col seguente paragrafo il suo studio sopra Giove. « La parte superficiale di Giove, nella quale si producono le fascie e le macchie, sembra dunque avere una costituzione molto differente da quella dei pianeti più vicini al Sole; ed anzi parrebbe che si possano riguardare, le grandi masse galleggianti che formano e la grande macchia rossa e, almeno, le macchie lucide, come il nucleo di satelliti che non poterono staccarsi dal pianeta; e non è forse lecito considerare le fascie equatoriali come un tentativo di formazione di un anello analogo a quello di Saturno, Giove esibendoci allora un modello di ciò che ha potuto essere quel curioso pianeta in un certo stadio della sua evoluzione? » Si hanno splendide fotografie di Giove, ottenute all'osservatorio Lick, ed a quello di Meudon da Deslandres.

I satelliti di Giove furono scoperti in due gruppi, come dicemmo, i primi quattro da Galileo, gli ultimi quattro ai nostri giorni. Le osservazioni fisiche di essi non datano però che da pochi anni; vediamo che cosa esse ci abbiano insegnato. I satelliti passano frequentemente fra la Terra e Giove, e sembrano allora scorrere lungo il disco del pianeta, nel loro *transito* davanti ad esso. Così accade talvolta che l'ombra di un satellite, che intercetta la luce solare si proietta sulla superficie del pianeta e sembra attraversarla: durante i transiti dei satelliti furono fatte delle curiose constatazioni, per merito essenzialmente dell'astronomo Barnard all'osservatorio Lick, nell'ultimo decennio del secolo decimonono. Interpretando quanto egli vide, Barnard concluse all'esistenza sul primo satellite *Io* di fascie chiare e di fascie oscure, le regioni polari essendo oscure, e le equatoriali chiare. L'esistenza di queste calotte polari oscure sembra essere un carattere permanente di *Io*, e la loro limitazione parallelamente all'equatore gioviale permette di conchiudere che la rotazione del satellite si effettua attorno ad un asse sensibilmente perpendicolare a quel piano: Barnard senza poter indicare la durata di quella rotazione conchiude dalle sue osservazioni, che essa non coincide con quella della rivoluzione del satellite. Sui satelliti terzo (*Ganimede*) e

quarto (*Callisto*) si osservarono varie macchie: Schaeberle, Campbell, Pickering e Douglas videro delle fascie equatoriali, mentre Barnard notò la presenza di calotte polari bianche, non troppo dissimili nel loro aspetto da quelle di Marte. Questi due corpi, *Ganimede* e *Callisto*, sono veri pianeti, entrambi più grossi di Mercurio e di poco inferiori a Marte. Guglielmo Herschel, Schroeter, Engelmann, Edmondo Pickering, Spitta e Gutnick si occuparono essi pure della rotazione dei satelliti di Giove; da essi André deduce che attualmente non si possiede intorno alla rotazione dei satelliti di Giove, sopra sè stessi, nessun dato sperimentale definitivo. L'osservazione degli ultimi quattro satelliti scoperti, è difficile, riservata ai massimi cannocchiali, e richiede le migliori condizioni atmosferiche: poco o nulla si sa, quindi, di assodato intorno ad essi. L'ottavo, l'ultimo scoperto, presenterebbe, secondo l'astronomo inglese Crommelin, il fatto impreveduto di un movimento retrogrado, che dal punto di vista cosmogonico è di eccezionale importanza.

29. — **Saturno.**

Herschel nel 1793 riuscì a determinare la durata della rotazione del pianeta sopra sè stesso in 19 ore, 16 minuti: le determinazioni posteriori diminuirono alquanto quella durata che dalle osservazioni di A. Hall risulta di 10 ore, 14 minuti, 24 secondi (1873). Questa rotazione fu dedotta dall'esame di fascie variotinte equatoriali e soprattutto di macchie che esibiscono all'osservatore uno spostamento regolare ed uniforme. L'immane globo di Saturno, ruotando così rapidamente sopra sè stesso, non può far a meno di avere una forma schiacciata ai poli, e cioè il suo diametro equatoriale deve essere più lungo di quello polare: ciò fu per la prima volta avvertito dal P. Grimaldi nel 1649, e poi fu confermato da molti altri astronomi, con risultati non identici naturalmente, fra i quali quello generalmente ritenuto il più attendibile

è dovuto a Kayser (1872). Lo studio più minuto delle macchie di Saturno condusse Stanley William (1891 e seguenti) e Barnard in questi ultimi anni a valori della rotazione differenti secondo la loro posizione sul pianeta: questi osservatori confermarono quanto altri avevano visto prima di loro, che cioè l'aspetto del pianeta è continuamente mutabile come quello di Giove, col quale Saturno presenta grandi analogie. Questi fatti e l'esame spettroscopico della luce del pianeta, istituito segnatamente da Secchi e da Vogel inducono a credere che la superficie del pianeta a noi visibile sia composta di materia mobilissima, probabilmente gassosa, vale a dire che il pianeta possieda un'atmosfera assai densa: il pianeta complessivamente è così leggero che ha la densità del sughero. Le osservazioni e le cognizioni moderne intorno alla costituzione di questo eccezionale pianeta si riassumono brevemente così: Saturno è un corpo caldissimo, costituito da un piccolo nucleo pesante, e circondato da un'immensa atmosfera gassosa forse piena di minute particelle liquide, il tutto a temperatura elevatissima. È ignota la composizione chimica di Saturno, come quella di tutti i pianeti e satelliti del sistema solare.

Già discorremmo della costituzione fisica dell'anello di Saturno: aggiungeremo poche cose. Fin dal 1705 G. D. Cassini aveva emesso l'idea che l'anello di Saturno potesse esser costituito da un'infinità di corpuscoli, e scriveva: « Quest'anello potrebbe esser formato da uno sciame di piccoli satelliti che potrebbero fare per Saturno un'apparenza analoga a quella che la Via Lattea fa alla Terra, a mezzo di un'infinità di piccole stelle delle quali è formata »: idea che si era presentata anche a Roberval. Duséjour voleva l'anello costituito da zone concentriche esilissime ma innumerevoli: nel 1750 Wright di Durham formulò con tutta chiarezza l'ipotesi corpuscolare della costituzione dell'anello di Saturno, che pare si presentasse anche all'americano Peirce, prima che a Clerk Maxwell, che la stabilì magistralmente e definitivamente. Questa ipotesi ebbe poi un inatteso appoggio dalle ricerche fotometriche di Seeliger, dalle visioni telescopiche di Short, Lockyer e Perrotin e dalle osservazioni

spettroscopiche di Keeler, Campbell e Deslandres. Il prof. Hasting di Baltimora sollevò alcune difficoltà contro la teoria di Maxwell, ed il sig. Mascari osservò sull'anello alcune macchie oscure che non parrebbero conciliarsi troppo con quella. La teoria di Maxwell è però in oggi generalmente ammessa, siccome quella che mette meglio d'accordo i fatti osservati colla teoria matematica. Una trattazione molto elegante della teoria degli anelli di Saturno è dovuta alla signora Sofia Kowalewsky: e fu esposta nel 1885. In Italia si sono da ultimo occupati teoricamente della figura dell'anello di Saturno i signori professori Levi-Civita e Viterbi.

Il P. Maraldi nel 1715 osservando l'anello di Saturno notò che le anse dell'anello presentavano dei cambiamenti, che gli suggerirono il sospetto che l'anello fosse animato da un movimento di rotazione attorno al pianeta. Herschel nel 1790 riuscì a determinare la durata di questa rotazione e la trovò di 10 ore, 32 minuti, 15 secondi (1). Le osservazioni che condussero Herschel a cotal risultato furono contestate da Schroeter e Harding nel 1806, De Vico nel 1840-42, Bond e Schmidt nel 1848 e Schwabe nel 1862. Le rotazioni dei lembi interno ed esterno dell'anello furono determinate spettroscopicamente da Keeler, Deslandres e Belopolsky, e trovate abbastanza concordanti con quelle calcolate teoricamente: da ciò risulta ancora che le macchie anulari che attrassero l'attenzione di Herschel sono situate verso il mezzo dell'anello. G. H. Darwin, il fortissimo matematico inglese, che ha portato sì largo contributo alla teoria delle maree quali fattori dell'evoluzione dei corpi celesti, pensa che gli anelli di Saturno costituiscano come un surrogante di un satellite abortito, che l'azione delle maree ha allungato in forma di anello, e si giova a

---

(1) Newcomb nella sua *Populäre Astronomie*, pag. 395, e Wolf nel suo *Handbuch der Astronomie* dànno per la rotazione di Herschel 10 ore, 16 minuti, che come appare dal testo non è la vera: e che è invece quella del pianeta determinata dal medesimo sommo astronomo.

dedurre quelle conclusioni dai lavori profondissimi del matematico francese Roche. Secondo Darwin non è impossibile che gli anelli di Saturno siano destinati a scomparire per dispersione verso il pianeta o allontanamento da esso, o caduta su di esso dei corpuscoli che costituiscono gli anelli. Un modesto satellite circolante entro l'orbita di *Mimas*, il più vicino al pianeta dei satelliti di Saturno, sarebbe quanto rimarrà col volgere dei secoli della singolare formazione circondante Saturno.

Il nono satellite di Saturno, presenta esso pure il fatto singolare di muoversi in senso retrogrado, come notammo avvenire per un satellite di Giove recentemente scoperto.

30. — **Piccoli pianeti.**

Questi piccoli astri sono tutti in volume inferiori alla nostra Luna: dopo la scoperta dei pianetini, Olbers propose l'ipotesi che essi fossero i frammenti di un pianeta che si muoveva altra volta fra Marte e Giove ed era stato ridotto in frantumi da un'immane esplosione. Nel 1814, Lagrange discusse matematicamente questa supposizione, che Newcomb e Kelvin non ritennero nè assurda nè impossibile: oggi la si ritiene però come affatto improbabile. La detta supposizione è riguardata per insostenibile, dacchè furono note le orbite degli asteroidi scoperti dopo Olbers. Kirkwood e Proctor misero poi innanzi la supposizione che gli asteroidi formassero in origine un anello di masse nebulari, e fossero dalla potente attrazione di Giove impediti di formare un pianeta, e rimanessero così distribuiti per l'effetto di tutte le forze in azione. Questa è, in sostanza, la teoria già prima proposta da Laplace nella sua *Exposition du système du Monde* e ripresa nel 1900 dal sig. De Freycinet, e che modificarono Newcomb, Bauschinger e Callandreau, nelle conclusioni dei quali André ravvisa una delle migliori prove della cosmogonia di Laplace.

31. — Urano.

Questo nome fu imposto al pianeta scoperto da Herschel, dall'astronomo Bode, e prevalse scartando vari nomi che gli erano stati imposti da altri, e rimase nell'astronomia: le osservazioni di Herschel nel 1795, e di Mädler nel 1842-43, avevano lasciato credere ad una forma schiacciata del pianeta, ma con schiacciamento che risultò eccessivo; anche le dimensioni di questo pianeta furono trovate differenti dai diversi astronomi. Le ultime misure di Seeliger in Monaco di Baviera e di Schiaparelli in Milano lasciano credere ad un debole schiacciamento; ma la questione non è risolta definitivamente. Così non è risolta la questione circa la durata della rotazione di Urano; benchè alcuni osservatori, Buffham e Brenner, abbiano creduto, di poter dalle loro osservazioni dedurre valori di 12 od 8 ore, ed Houzeau abbia calcolato un valore teorico, deducendolo dalle antiche misure di Herschel e Mädler. Brenner nel 1896 credette di aver perfino constatato che la rotazione di Urano si fa in senso retrogrado, cioè da oriente ad occidente, contrariamente a quello dei pianeti più interni che avviene nel senso diretto, vale a dire da occidente ad oriente. I migliori autori però nei loro trattati non menzionano neppur questo strano fenomeno, e dànno coll'*Annuaire du Bureau des Longitudes,* la rotazione di Urano e quella di Nettuno come intieramente ignote (1).

---

(1) Il signor André nel suo libro *Les planètes et leur origine* (Paris, Gauthier Villars, 1909) dà come certa la rotazione retrograda di Urano, sulla base delle osservazioni del sig. Brenner, che egli dice confermate da misure spettro-fotografiche del signor Deslandres. Il signor André ancora afferma che la rotazione retrograda di Urano è resa infinitamente probabile dal fatto che i satelliti di questo pianeta circolano attorno ad esso in senso retrogrado. Il P. Müller osserva (*Elementi di Astronomia*, II, pag. 427), che malgrado quei dati la rotazione di Urano non può dirsi retrograda:

La legge di Keplero sul moto dei corpi del sistema solare, afferma che un satellite descrive attorno al suo pianeta e questo attorno al Sole, una curva che si dice ellisse; ma lascia ampia larghezza sulla forma dell'ellisse. L'ellisse può degenerare in un cerchio quasi perfetto, imperfetto od imperfettissimo: nessun cerchio esatto fu riconosciuto fra le orbite dei pianeti. Per quanto si sa oggidì, la più vicina approssimazione ad un movimento circolare, è quella presentata dai satelliti di Urano attorno al loro primario: non si può però asserire che l'esattezza assoluta vi sia raggiunta; ma soltanto che non siamo finora riusciti a constatare il divario fra un cerchio e l'orbita di quei satelliti. È anche da notarsi, come circostanza senza l'uguale, che le orbite dei satelliti di Urano giaciono tutte in un medesimo piano: e non meno eccezionale nel sistema solare, è la posizione che quel piano occupa. Il piano dell'eclittica, cioè il piano della curva teorica che la Terra percorre attorno al Sole, si scosta di poco nella sua giacitura da quelli nei quali corrono gli altri pianeti: lo stesso avviene per buon numero di pianetini. mentre per altri il piano della rispettiva orbita è inclinato assai al piano dell'eclittica. La stessa debole inclinazione dei piani delle orbite si verifica per la Terra e la Luna, per i satelliti di Marte. Giove presenta un'eccezione nell' ottavo satellite, scoperto, come dicemmo, fotograficamente da Melotte, astronomo all'osservatorio di Greenwich, il 17 gennaio 1908, e che si muove in un piano grandemente inclinato su quello dell'orbita di Giove ed il cui moto è retrogrado. Una simile eccezione si riscontra nel nono satellite di Saturno.

I satelliti di Urano percorrono il loro celeste cammino in un piano molto inclinato rispetto all'orbita

---

giova avvertire però che Scheiner e miss Clerke nelle loro opere non menzionano neppure quelle osservazioni di Brenner e di Deslandres. Osservazioni pubblicate nel 1912 dall'astronomo americano Lowell, applicando il principio Doppler-Fizeau, indicano, a quanto pare, che la completa rotazione del pianeta Urano ha una durata di 10 ore e 45 minuti.

del pianeta, che è di pochissimo inclinata rispetto a quello dell'eclittica: i satelliti di Urano circolano intorno ad esso in un piano quasi perpendicolare all'orbita del pianeta. Se poi il piano in cui si muovono quei satelliti, che è pur quello nel quale, secondo Young, Schiaparelli, Safarik e Wilson, giace il rigonfiamento del globo di Urano, sia quello dell'equatore del pianeta, come vuole la meccanica, o se invece esso sia inclinato a quell' equatore, come parrebbe emergere dalle osservazioni di Young a Princeton nel 1883, di Perrotin e Thollon a Nizza nel 1884 e 1889, e dei fratelli Henry in Parigi nel 1884 col loro bel refrattore; non si sa ora, e forse non si saprà per molto tempo. Un altro tratto eccezionale dei satelliti di Urano, connesso colla loro forte inclinazione è quello che il loro moto è retrogrado: vale a dire, le loro posizioni proiettate sul piano dell'eclittica, invece di succedersi attorno alla proiezione del centro del loro pianeta da ovest ad est, come avviene per tutti i sistemi antichi con quelle eccezioni che si notarono, procedono nel verso opposto, da est ad ovest. L'astronomia è in oggi impotente assolutamente a spiegare la strana costituzione del sistema di Urano, nè ciò deve far meraviglia, poichè sarebbe assurda pretesa quella che l'uomo conosca tutti i modi che la natura ha di risolvere i suoi problemi, e Bacone disse: « La sottigliezza della natura trascende in molte maniere la sottigliezza dell'umano intelletto ».

Lo spettro di Urano è stato esaminato da Huggins (1871), dal P. Secchi (1872), Vogel (1874) e più recentemente da Lockyer e Keeler: da quelle osservazioni risulterebbe l'esistenza di una densa atmosfera attorno al pianeta, contenente forse qualche sostanza a noi sconosciuta, con un fitto involucro di nubi.

32. — **Nettuno.**

Malgrado le ricerche di Maxwell, Hall, Müller, See e Pickering, che accennano ad una rotazione di questo pianeta, ma che non conclusero nulla di

certo, la rotazione di Nettuno ci è incognita sotto ogni rapporto. Il satellite di Nettuno si muove di moto retrogrado, in un'orbita fortemente inclinata a quella del pianeta. Il fioco lume del pianeta rese finora estremamente difficile l'investigarne spettroscopicamente la luce: quel pochissimo che se ne sa è che esso presenta per la sua costituzione fisica una certa rassomiglianza con Urano.

Siccome gli studi di Darwin sull'influenza delle maree nell'evoluzione del sistema planetario hanno dimostrato essere probabile che Urano e Nettuno ruotino attorno ai rispettivi assi in senso retrogrado, alcuni autori, troppo leggermente, hanno dato quel fatto come reale: mentre, come ben dichiara C. Wolf nel suo libro *Les Hypothèses Cosmogoniques*, esso non è che probabile. L'osservazione fino ad oggi è stata impotente a scoprire cosa alcuna sulla rotazione di quei due pianeti, e l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* la dà tuttodì come completamente ignota.

IL SOLE

> Lo ministro maggior della natura
> Che del valor del cielo il mondo impronta.
>
> (DANTE, *Paradiso* X).

33. — Per giungere alla conoscenza della grandezza effettiva del Sole è d'uopo conoscere la sua distanza ed il suo diametro angolare apparente: vedemmo come siasi misurata la prima di queste quantità: quanto alla seconda, che fu misurata per la prima volta da Aristarco nel 270 a. C., non di soverchio scostandosi dal vero, dati i mezzi grossolani dei quali disponeva, se ne fecero da quell'epoca numerosissime determinazioni, che condussero a valori fra loro molto concordanti; fra essi noi abbiamo adottato quello dell'*Annuaire*. Fu sospettato che il disco apparente del Sole non fosse esattamente circolare, e dal P. Rosa, che il diametro del Sole non fosse invariabile, opinione combattuta da Auwers; ma su queste questioni nulla è sicuro. Narrando l'istoria del cannocchiale e dell'Astronomia nel secolo decimottavo, dicemmo della scoperta delle macchie solari: di esse dobbiamo ora discorrere più distesamente. Siccome molte macchie solari sono così grandi da divenir visibili ad occhio nudo, così nelle cronache si hanno frequenti menzioni di oscuramenti del disco solare, o di oggetti creduti Venere o Mercurio transitanti sul disco luminoso di esso: oscuramenti ed oggetti che tali non erano, essendo

essi prodotti da macchie. In Cina, come risulta da una grande enciclopedia cinese, si osservarono spesso tali oscuramenti partendo da epoche molto antiche: ne avvertirono gli Arabi e gli antichi abitatori del Perù. La più antica notizia di macchie solari viste in Europa, la troviamo in una cronaca dell'ottavo secolo, di certo Reuber: egli credette di aver visto Mercurio. Dopo l'invenzione del cannocchiale le macchie solari divennero un oggetto di studio continuo per gli astronomi. Fabricius, che osservava le macchie solari, sin dal 1611, concluse dalle sue osservazioni, almeno come cosa molto probabile, che il Sole è animato da un movimento di rotazione: egli però esprimeva ciò ancora non sicuro, poichè aveva avvertito che le macchie che talvolta appariscono in gruppi, non conservano fra loro la stessa distanza, e che quindi dovevano essere alcunchè di fluttuante analogo alle nostre nubi.

Ma ammettere nubi nel Sole era un'eresia per la filosofia aristotelica allora imperante, che considerava il Sole come fonte purissima di luce immacolata, e la sua sostanza al pari di quella di tutti gli astri come inalterabile ed incorruttibile. Imbevuto di queste idee anche il P. Scheiner, assiduo osservatore del Sole, si rifiutò da prima ad ammettere l'opinione strenuamente sostenuta da Galileo, che le macchie fossero inerenti al Sole, parte integrante del suo globo. Poi le sue osservazioni e le stringenti argomentazioni di Galileo gli fecero saggiamente mutare avviso, ed egli stesso determinò la lunghezza della durata della rotazione del Sole sopra sè stesso: insegnando anche a tener conto in tale determinazione dello spostamento dell'osservatore trascinato colla Terra lungo l'eclittica. Egli determinò anche gli elementi che fissano la posizione dell'asse solare rispetto all'eclittica. Fra i celebri astronomi che s'occuparono delle macchie solari giova ricordare Keplero: se ne occuparono Harriot, e Simon Mario che vedeva nelle macchie delle specie di scorie, che il Sole produceva e spingeva lungi da sè, sotto forma di comete, dopo la quale depurazione esso, come il lucignolo smoccolato di una candela, splendeva più brillantemente. Molti anni più tardi l'astronomo francese Lalande riteneva fidentemente

che quelle macchie fossero prodotte dallo scoprirsi di dossi di catene montuose, nell'alternarsi del flusso e riflusso di un oceano luminoso. La vera forma delle macchie solari fu rivelata per la prima volta dall'inglese Wilson, professore d'astronomia all'Università di Glasgow nel 1784: egli studiando una grande macchia comparsa nel 1769, colpito dagli effetti di prospettiva che essa esibiva nel suo muoversi, dimostrò con ragionamenti geometrici che le macchie erano immani concavità scavate negli strati superficiali del Sole: egli cercò di fondare su quest'unico fatto una teoria del Sole, affatto insostenibile.

Galileo aveva già avvertito che le macchie solari non sono permanenti, ma che « si producono e si dissolvono in termini più o meno brevi ». Scheiner nella *Rosa Ursina* aveva notato che le macchie medesime non sono sparse a casaccio sulla superficie del disco, ma che esse stanno in una zona che, spartita a mezzo dall'equatore solare, si stende lungo sessanta gradi di latitudine solare, e che non hanno tutte un movimento uniforme. Ma quest'ultima nozione rimase vaga, finchè Laugier nel 1841 mise in evidenza i loro moti proprii. Scheiner ed Evelio avevano già osservato quella particolarità delle macchie solari, che è oggi detta *penombra*: e Schülen fece avvertire che la penombra passa da sinistra a destra quando le macchie passano da destra a sinistra del disco solare. Questa osservazione suggerì l'idea di considerare le macchie come cavità, che Wilson dimostrò conforme al vero. Schroeter nel 1789 dichiarò di aver notato che il fondo delle macchie non è uniformemente nero, ma quasi nebuloso e disse minato di macchiette chiare: quest'astronomo intravide così quanto nel 1860 Angelo Secchi (1818-1878) descrisse come dei veli semi-trasparenti rosei, ai quali egli diede il nome di *cirri*; e forse anche quelle lingue brillanti che Nasmyth chiamò, nel 1864, *foglie di salice*.

Wilson fu il primo che introdusse nella scienza l'idea che il Sole fosse costituito da un nucleo centrale solido ed oscuro avvolto in una specie di atmosfera incandescente e luminosa. Questo involucro, che oggi è chiamato *fotosfera*, sarebbe la sorgente delle

radiazioni solari: e le cavità costituenti le macchie sarebbero prodotte da eruzioni di gas provenienti dal nucleo attraverso alla materia pesante della fotosfera. Wilson nel mettere innanzi queste opinioni dichiarava esplicitamente che egli non le riguardava che come dei saggi: ma su questi accenni Guglielmo Herschel nel 1795 fondava una sua teoria del Sole, che tenne lungamente il campo in astronomia, anche dopo le scoperte spettroscopiche. Ecco un breve sunto di quella famosa teoria. Il Sole si compone di un globo freddo, oscuro, irto di montagne, solcato da valli, rivestito di una lussureggiante vegetazione e fittamente popolato: uno spesso e denso strato di nubi lo ripara dall'irradiazione insopportabile dell'atmosfera incandescente e luminosa sovrastante ed avvolgente quel nucleo: « Questo modo di considerare il Sole e la sua atmosfera (scrive Herschel), rimuove la grande dissomiglianza che noi fummo fin qui avvezzi a ravvisare fra la sua condizione e quella degli altri grandi corpi del sistema solare. Il Sole, guardato in questa luce, appare non essere altro che un eminentissimo, grosso e lucido pianeta, evidentemente il primo, ovvero rigorosamente parlando, il solo ed unico primario del nostro sistema, tutti gli altri essendo veramente ad esso secondi. La sua rassomiglianza agli altri globi del sistema solare con riguardo alla sua solidità, alla sua atmosfera, alla sua varia superficie, la rotazione attorno al suo asse, e la caduta dei corpi pesanti, ci conduce a supporre che esso deve probabilmente essere anche abitato, come gli altri pianeti, da esseri i cui organi sono adatti alle circostanze speciali di quel vasto globo ». Molti fatti invocati da Herschel a sostegno della sua teoria sono esatti, non lo è così la loro applicazione ed interpretazione. Herschel supponeva, con Wilson, che il nucleo lascia sfuggire un certo gas *empireo,* molto leggiero; in quantità normali questo gas aprendosi una via attraverso alla fotosfera formerebbe i *pori* che pullulano su tutta la superficie; uno sprigionamento violento di esso darebbe origine alle macchie, e mescolandosi gradualmente ai gas incandescenti superiori, alimenterebbe il loro irradiamento. Ciò, osserva Bosler, era presentire che la radiazione

solare è intrattenuta dalla circolazione interna della massa, idea che ritroveremo negli scritti più moderni (Helmoltz, Faye, Thomson). Ma Herschel precorreva i suoi tempi, ed i suoi contemporanei non ritennero delle sue idee che ciò che maggiormente colpiva, ma che era anche il più falso: cioè il concetto di un globo oscuro e freddo protetto interiormente contro un'atmosfera fulgentissima irradiante verso l'esterno. Giovanni Herschel (1792-1871), figlio di Guglielmo, cercò di modificare é correggere la teoria del padre, ma il suo tentativo non sortì esito felice.

Durante le eclissi totali di Sole, il disco della Luna che lo ricopre appare circondato da un'aureola luminosa argentea, di aspetto variabile da volta a volta, e che oggi diciamo *corona*. Questo fatto, questa corona, era noto anticamente e Plutarco ne fa menzione; e sembra sia stato osservato con attenzione per la prima volta nel 1567. Molti astronomi credettero di scorgere nella corona una immaginata atmosfera della Luna: invece altri, come Keplero, Scheuchzer e Maraldi, la connettevano, più conformemente al vero, col Sole medesimo, come dopo alcune tergiversazioni fece Halley, e come dimostrò inoppugnabilmente essere Bruhns nel 1860.

Nell'eclisse totale del 7 luglio 1842, furono per la prima volta osservate attraverso alle lenti di un cannocchiale moderno le così dette *protuberanze rosee*, che sono fiamme immani o formazioni nubilose luminosissime distaccantisi dal lembo del nero disco che si scorge durante la totalità. Abbiamo detto attraverso le lenti di un cannocchiale moderno, giacchè quelle protuberanze rosee erano già anche prima state vedute: qualcuno volle trovare un'allusione ad esse in Firmico ove menziona l'eclisse del 17 luglio 1334 d. C.: la loro strana bellezza fu vista da Keplero nel 1605: il primo a descriverle fu il professore svedese Vassenius a Gottemburg che le vide durante un'eclisse totale il 14 giugno 1778. Le videro e le menzionarono Halley, Ranyard, Ferrer, Ulloa ed altri, che ne diedero varie spiegazioni, risultate poi insostenibili. L'eclisse totale del 28 luglio 1851 porse il destro di accurate indagini anche sulle protuberanze, ricerche le quali posero fuori di dubbio la loro intima, indissolubile con-

nessione col Sole; come fu confermato dalle osservazioni istituite durante il già menzionato eclisse del 18 luglio 1860, mercè specialmente quell'incomparabile ed infallibile occhio che è la macchina fotografica. Dopo quell'epoca le protuberanze furono oggetto di speciale attenzione e di accurate indagini in occasione di tutte le eclissi totali di Sole. Nello studio speciale delle protuberanze ed in generale della fisica solare, gli Italiani si sono conquistati un posto notevole, malgrado i deboli mezzi dei quali potevano e possono disporre; i nomi di Secchi, Respighi, Tacchini e Riccò, Rosa, devono in questo campo, ed in altri, essere ricordati con grande lode: ed in Italia, a Catania, si pubblica un apprezzatissimo periodico d'astronomia, ove si dà larga parte agli studi sul Sole: ne è direttore il prof. Riccò al quale l'Accademia dei Lincei conferì tanto meritatamente nel 1910 il premio reale per l'astronomia.

Lo studio delle macchie solari fu per un certo tempo trascurato: un uomo come Delambre lo dichiarava « più curioso che realmente utile ». Gli antichi osservatori come Cassini, Keill, Lemonnier, Lalande affermavano che l'apparire e lo scomparire delle macchie solari non erano soggetti a legge alcuna, erano irregolari e casuali. Ma Horrebow (1718-1776) (1) nell'ultimo quarto del secolo decimottavo, dopo aver osservato per parecchi anni le macchie solari, espresse l'opinione che il loro manifestarsi sembrava essere regolato da un certo periodo: egli previde anche che sarebbe venuto un giorno in cui gli effetti delle vicissitudini del Sole sui corpi che gli circolano attorno avrebbero

(1) Costui è Cristiano Horrebow figlio di Pietro. Questo Pietro propose per la misura delle latitudini un metodo esattissimo, che fu poi più recentemente riproposto da Talcott. Tale metodo è ora essenzialmente applicato alla ricerca della variazione della latitudine. E' curioso come Bosler, nel suo pregevole libro sul Sole, non menzioni Horrebow. — Mentre stiamo correggendo le bozze di stampa, gli astronomi dell'Osservatorio di Torino hanno iniziato all'Osservatorio del Pino, presso Torino, osservazioni di stelle nel primo verticale, per lo studio della variazione delle latitudini.

potuto essere investigati con successo. Questa profezia fu messa in luce solo nel 1859. Nel 1826 Schwabe (1789-1875) di Dessau, ove era farmacista, si procurò un cannocchiale, e per consiglio del suo amico Harding (1765-1834) di Göttingen si decise ad osservare il Sole, nella speranza di scoprire un pianeta intramercuriale. Durante trentatrè anni, tempo e salute permettendolo, Schwabe, rivolse il suo imperturbabile telescopio al Sole e registrò quanto vedeva, e nel 1843 egli diede il primo annunzio di un probabile periodo decennale nella frequenza delle macchie: ma a quello non si badò troppo. Ma quando Alessandro von Humboldt pubblicò nel 1851 il terzo volume del suo *Cosmos* contenente una statistica delle macchie solari da lui compilata a partire del 1826, la validità di quell'asserto divenuta lampante destò in tutti meraviglia e sorpresa, e la verità e l'importanza della sua scoperta furono generalmente riconosciute. L'antico farmacista divenne e rimarrà celebre nell'astronomia per la scoperta della periodicità delle macchie solari, alla quale fu condotto dalla sua perseveranza e dal suo ponderato metodo di ricerca: e ben a ragione egli scrisse di sè: « Io posso paragonare me stesso a Saul, che uscito a cercare gli asini di suo padre (Schwabe cercava il pianeta intramercuriale), trovò un trono ». La periodicità delle macchie solari in circa undici anni fu poi ampiamente dimostrata nel 1852 da Rodolfo Wolf di Zurigo (1816-1893). Frattanto per iniziativa presa da Humboldt nel 1828, e sotto la guida del sommo Gauss, si erano svolte ed estese a molte regioni della Terra le osservazioni del magnetismo terrestre, coi magnetometri immaginati da Gauss medesimo: e Sabine scopriva una relazione fra le macchie solari e il magnetismo terrestre: ed avvertì come le perturbazioni magnetiche che Humboldt aveva chiamato *burrasche magnetiche*, e le macchie solari procedessero di conserva, corrispondendosi massimo a massimo, minimo a minimo. Nel 1852 Rodolfo Wolf e Gauthier giungevano indipendentemente a conclusioni identiche, che furono poi confermate da tutte le indagini posteriori. Non solo le macchie, ma anche le protuberanze solari, ed in generale i fenomeni tutti che si osservano sulla

faccia dell'astro del giorno, sembrano essere legati da un periodo di circa undici anni col magnetismo terrestre. La spiegazione di tale relazione non si ha: e fin dal 1892 il grande fisico inglese Thomson (Lord Kelvin) sollevò contro la possibilità di quella connessione delle gravissime obbiezioni, così fondate e ponderose da porre la questione sotto un punto di vista affatto nuovo e tale da richiederne lo studio fin dal bel principio. La menzionata connessione *sembra* innegabile, ma in oggi siamo impotenti a chiarirla. Sir Robert Stawell Ball, un geniale astronomo inglese, in un suo libro sul Sole ha scritto al riguardo il brano seguente: « Il ragionamento di lord Kelvin quasi ci costringe a respingere l'opinione che l'attività solare sia la causa delle perturbazioni magnetiche: lord Kelvin sembra pensare che i molti casi nei quali fu notato un accordo fra il periodo di macchie solari esuberanti ed i periodi di frequenza di burrasche magnetiche, devono riguardarsi come mere coincidenze accidentali. Sembra però difficile l'ammettere che la cosa stia così. È d'altronde possibile che vi possa essere qualche altra spiegazione attendibile, che ci permetta di conservare la credenza in una connessione fra le eruzioni solari e le burrasche magnetiche terrestri, e non ci costringa a riguardare le prime come la causa delle seconde. Non potrebbe egli darsi che i fenomeni tanto nel Sole che nella Terra non stessero per nulla fra loro nella relazione di causa ed effetto, ma fossero nei due astri manifestazioni di qualche altra influenza di onde magneto-elettriche, propagantisi su vasta scala, attraverso al nostro sistema ed esercitanti un influsso sui vari corpi che compongono il sistema solare? » Agli astronomi futuri il rispondere a questa ed alle altre innumerevoli questioni, che per noi oggi sono misteri impenetrabili (1). Furono sospettate relazioni periodiche tra l'attività solare e taluni fenomeni terrestri, quali siccità, ca-

---

(1) Appena menzionerò che il fisico inglese Schuster propose in questi ultimi mesi una teoria che assegnerebbe alla Terra un'azione magneto-elettrica preponderante in quelle relazioni.

restia, abbondanza di raccolti; ma sono sospetti vaghi senza solido fondamento.

Contribuirono potentemente ai progressi della fisica solare l'inglese Dawes (1799 1868) per la costituzione delle macchie e Carrington (1826-1875), pure inglese, che accertò questo fatto: il Sole od almeno il suo involucro esterno a noi visibile, non ha in ogni sua zona il medesimo periodo di rotazione, ma procede in giro, seco trascinando le macchie, in una ragione che va continuamente accelerandosi dai poli all'equatore: ciò fu ampiamente attestato anche dalle osservazioni di Spoerer (1822-1895).

Gli astronomi Lockyer, inglese, e Janssen francese, apportarono un notevole progresso allo studio del Sole scoprendo contemporaneamente, in occasione dell'eclissi totale del 18 agosto 1868, il modo di poter osservare le protuberanze solari, anche quando non vi sono eclissi: scoperta importantissima, fonte di tante altre. Al dottor Huggins devesi il perfezionamento apportato al procedimento Lockyer-Janssen per l'osservazione quotidiana delle protuberanze solari, che consente di poterle vedere tutte intiere, mentre prima non se ne poteva esaminare che una parte dopo l'altra. Ora si fa meglio ancora, si fotografano le protuberanze: ed il professore Hale, mediante il suo ingegnoso spettroeliografo, ottiene con una sola lastra e con una sola esposizione belle imagini della cromosfera circondante completamente il Sole. Il professore Hale è il direttore dell'osservatorio del Monte Wilson (California), situato a 1731 metri d'altezza sul mare. Quest'osservatorio che cominciò a funzionare nel 1904 è opera della *Carnegie Istitution* di Washington ed è unicamente destinato allo studio del Sole. Il prof. Hale dirige anche l'*Astrophysical Journal*, uno dei più importanti periodici astronomici del mondo. Lo spazio concesso e l'indole di questo libretto popolare non consentono altro che la menzione mera e nuda di questa e di molte altre scoperte. Prima di procedere oltre ne conviene stabilire alcune nozioni che ci consentano di discorrere liberamente della costituzione del Sole.

La variazione simultanea di forma e posizione delle

macchie, permette di conchiudere che queste sono cavità in forma d'imbuto, che scoprono la struttura della superficie solare, la quale esibisce all'esterno uno strato lucentissimo e relativamente sottile che è detta *fotosfera*, ed all'interno una massa meno lucente o relativamente oscura. Le protuberanze si staccano da una specie di atmosfera rosea avvolgente l'astro e denominata *cromosfera*, anch'essa non molto spessa; al di fuori di questa si vede una luminosità bianco-argentea, che è chiamata *corona* od *atmosfera coronale*. Il carattere di atmosfera solare della corona non fu indiscutibilmente riconosciuto che dopo i lavori di Grant, Swan, Littrow e particolarmente del nostro P. Secchi, che fu veramente un insigne investigatore del Sole.

Tutte le scoperte sopra menzionate e quelle di Kirchhoff sullo spettro solare, menzionate a suo tempo, avevano scosso grandemente la fede che si riponeva nella teoria solare degli Herschel, benchè Arago le avesse dato l'appoggio della sua grande autorevolezza. Fondandosi sulle sue scoperte, Kirchhoff formulò una, sua teoria del Sole; ma le sue opinioni furono di poi quasi intieramente confutate. Nel 1870 se ne fece campione Zöllner (1834-1882) professore a Lipsia. Zöllner s'attiene al concetto di Kirchhoff, che le linee di Fraunhofer attestino l'esistenza di uno strato assorbente relativamente freddo e — cosa che oggi più non si ammette — che la sorgente di luce continua che dà origine a queste righe sia un liquido incandescente. Tale sorgente è quella che oggi si dice la fotosfera, costituita da un sottile strato avvolgente un nucleo solido; il quale di per sè formerebbe la quasi totalità del globo solare. Sopra la fotosfera starebbe una atmosfera gassosa pure incandescente, nella quale vagherebbero sospese delle nubi analoghe ai nostri cumuli. Con queste premesse Zöllner s'adoprò a spiegare, basandosi sulle osservazioni e con buon senso, le macchie solari ed i fenomeni ad esse connessi: le sue spiegazioni, benchè soggette a serie obbiezioni, non possono dirsi definitivamente condannate.

Ci fermeremo alquanto più sulla teoria del P. Secchi, perchè italiana anzitutto, e poi perchè di essa il signor

Bosler, uno dei più recenti astronomi che abbiano scritto libri sul Sole, esprime il seguente giudizio, al quale sottoscriviamo di gran cuore. « Le teorie del P. Secchi s'attengono strettamente all'osservazione senza arrischiare ipotesi avventate; l'immaginazione vi ha poca parte: questa è senza fallo una delle ragioni che le fanno stimate e loro consentono di conservare oggi ancora, salvo per quanto concerne la temperatura dell'astro, un grado elevato di probabilità ».

A base delle teorie del padre Secchi sta il concetto fondamentale che la massa del Sole è costituita da corpi aeriformi, gas e vapori, da lui sostenuto fin dal 1864, contemporaneamente a Giovanni Herschel, che venne poi generalmente adottato dopo l'elaborata esposizione che di esso diede l'astronomo francese Faye (1814 1902); concetto che fu riconfermato nel 1869 da Andrew, il quale dimostrò che oltre un certo limite di temperatura, differente per i vari corpi, è impossibile una vera liquefazione, quand'anche la pressione diventi così tremenda da mantenere il gas entro lo spazio che racchiudeva il liquido dal quale esso fu prodotto. Nell'esposizione delle teorie del P. Secchi ci varremo largamente del riassunto che nel 1877 egli stesso ne compilava per la classica *Astronomia Popolare* di Newcomb.

Il Sole è un corpo risplendente ad una temperatura enorme, capace di ridurre in vapore tutte le sostanze a noi note, e quelle che ci sono ancora ignote e che frammiste alle prime si trovano nel Sole: quella temperatura deve essere di parecchi milioni di gradi del nostro termometro: lo spettro di quella massa di vapori infuocati, che è la fotosfera, è continuo. Il suo limite è fissato, come nel caso generale di gas incandescenti, dalla temperatura alla quale l'irradiazione verso lo spazio esterno riduce lo strato di essa più esterno, e dall'attrazione del corpo. La fotosfera ci si presenta come composta di piccole granulazioni lucide, *grani di riso*, che sono una dall'altra separate a mezzo di un reticolato. Queste granulazioni sono formate dalle vette delle fiamme che si elevano sopra il sottostante strato assorbente, che a sua volta forma il sopradetto reticolato. Sopra lo strato della fotosfera

insiste un'atmosfera di costituzione molto complicata. Immediatamente sopra la fotosfera, a base dell'atmosfera sta uno strato sottile di vapori metallici meno caldi, i quali assorbendo quei raggi a ciascuno corrispondenti che sono emessi dalla fotosfera, producono sullo spettro continuo di essa le interruzioni oscure conosciute col nome di linee di Fraunhofer dello spettro solare. Quei vapori si trovano mescolati ad un'enorme quantità d'idrogeno: tale gas forma un guscio di ragguardevole spessore avvolgente l'astro e costituisce così quello che noi diciamo *cromosfera*. In questo strato si trova una sostanza che ai tempi in cui Secchi scriveva non era ancora stata trovata sulla Terra, e che perciò Lockyer chiamò *Elio*: esso fu poi ricavato da quel raro minerale che è la *clevite* nel 1895 per opera dell'insigne chimico inglese Ramsay (1). Più leggiero ancora dell'elio e dell'idrogeno è il principale costituente dell'ultimo strato dell'atmosfera solare, *corona* o *sierra*, e che fu detto *coronio*, che finora non si è ritrovato in Terra. La presenza di questi corpi, come dei vapori metallici, nel Sole, fu constatata naturalmente a mezzo dello spettroscopio; il quale ci avverte che forse nel Sole stanno ancora altre sostanze a noi sconosciute. La presenza dell'ossigeno nel Sole è stata oggetto di molte e lunghe indagini: Janssen fece esperimenti sul Faulhorn, e nel 1890 sul Monte Bianco, Runge e Paschen nel 1896 identificarono in fotografie spettroscopiche solari molto istruttive al riguardo, ottenute da Higgs e Mellean, certi caratteri dell'ossigeno già visti da Piazzi Smith nel 1883; da quei lavori tutti concludesi, dice miss Clerke, che l'ossigeno deve essere registrato come un elemento chimico presente nel Sole. Scheiner classifica l'ossigeno per rispetto alla sua esistenza nel Sole fra gli elementi che non furono ancora sufficientemente studiati, e Salet scrive: « La presenza delle linee dell'ossigeno nello spettro solare non avrebbe dunque nulla d'eccezionale ».

---

(1) Per la storia della scoperta dell'elio, vedi THORPE, *Storia della Chimica*, versione dall'inglese, con introduzione e note del Prof. R. PITONI, p. 205, Torino, STEN, 1911.

Quell'atmosfera solare, pensa Secchi, si manifesta a noi nelle eclissi totali sotto la figura della *corona*: di questa è difficile stabilire l'altezza; ma nelle eclissi totali si videro le sue regioni più eccelse fino ad una distanza dal lembo solare certo non inferiore al diametro del Sole: non si dubita però che essa si protenda anche oltre e possa essere connessa colla luce zodiacale: opinione questa che col Secchi dividono altri astronomi.

Il globo solare non è mai, nella sua massa, allo stato di quiete: le varie sostanze che vi stanno, tendono a combinarsi chimicamente: si producono così in iscala gigantesca delle reazioni chimiche che hanno, per conseguenze egualmente grandiose, movimenti convulsivi, talvolta vere esplosioni. Le masse d'idrogeno mescolate a vapori metallici così eruttate e lanciate dalla fotosfera, se ne staccano con una temperatura superiore a quella delle più eccelse regioni dell'astro ove giungono, tendono a sopraelevarsi oltre queste ed a dimorarvi: e costituiscono le così dette *protuberanze* che, nel caso ultimo accennato, diconsi *quiescenti*. La struttura di queste protuberanze è perfettamente simile a quella delle vene fluide che in un gas o in un liquido non omogeneo, salgono attraverso agli strati più leggeri e vi si diffondono a misura che il mezzo ambiente vi diviene meno denso. Dall'estrema mobilità delle protuberanze anche alla loro base, il Secchi conclude essere impossibile l'esistenza della fotosfera liquida voluta da Zöllner. Le protuberanze si elevano con velocità enormi, talvolta di oltre 600 chilometri al minuto secondo: velocità di ordine tale da indurre il padre Secchi a pensare che le materie così lanciate non possano più cadere sul Sole, ne abbandonino la atmosfera per diffondersi nello spazio interplanetario. Ciò avviene per i corpi più leggeri lanciati dalla fotosfera attraverso la cromosfera in quelle eruzioni che dànno origine alle protuberanze: i corpi più pesanti, essenzialmente vapori metallici molto gravi, ricadono sul Sole in getti parabolici. Nel ricadere sulla fotosfera quei poderosi getti vi scavano col loro peso delle cavità e le riempiono: ma vi si accumulano raffreddati dalla loro ascensione negli strati meno

caldi del Sole, e perciò quindi divenuti meno lucidi: pertanto le loro accumulazioni in quelle cavità, che sono le macchie, ci appaiono oscure in confronto del rimanente della fulgida superficie circostante. Su queste basi il P. Secchi, senza pretese di dettar una teoria completa, cerca di rendersi ragione dei particolari che si osservano sulla superficie solare. In sostanza, per lui, le macchie ed i fenomeni che le accompagnano non sono che fatti secondari che ci informano sulle crisi violente dell'interno del Sole; la frequenza di esse corrisponde a quella delle eruzioni, e le macchie sono, al pari di queste, indizi simultanei dell'attività solare. Simile attività certo legata, come effetto a causa, all'origine del Sole, non va disgiunta neppure dagli effetti del raffreddamento che il globo solare subisce per irradiazione verso lo spazio; effetti che si sommano in una grandiosa circolazione della materia solare: di questa circolazione noi ignoriamo le leggi e le modalità.

Già avvertimmo che il P. Secchi attribuiva al Sole una temperatura di vari milioni di gradi del termometro centigrado: le misure istituite dopo di lui, hanno ridotto di molto quel numero. Anche qui dobbiamo restringerci a brevissimi cenni, poichè l'esposizione ampia e precisa della questione della temperatura del Sole esige cognizioni di fisica che non sono possedute che dagli specialisti. Quanto all'espressione *temperatura del Sole* è duopo però intenderci. Noi non potremo mai sapere quanti gradi segnerebbe un termometro che fosse immerso nel Sole: dato che fosse possibile, il che invece non lo sarà mai, che si riuscisse ad immaginare, non dico costrurre, un termometro che possa resistere a quelle fantastiche temperature e segnarle. Inoltre è evidente che non si può discorrere di una temperatura del globo solare in complesso; poichè essa è certamente differentissima non solo nei vari strati che costituiscono quel globo, ma anche nelle varie regioni della fotosfera, macchie facule, grani di riso. Ma se anche si volesse fare astrazione da codeste disuguaglianze che debbono essere enormi, non si potrebbe conchiudere quale sia la *reale attuale* temperatura del Sole, se non cono-

scendo il potere irradiante della fotosfera solare. Ma, poichè al riguardo siamo nella più completa ignoranza, così noi dobbiamo star contenti nelle nostre ricerche a determinare la così detta *temperatura effettiva* del Sole. Con Violle s'intende per *temperatura effettiva* del Sole quella temperatura che dovrebbe essere posseduta da un corpo di noto potere irradiante e di dimensioni apparenti identiche a quelle del Sole, per irradiare calore come esso fa. Serve come unità di misura del potere irradiante quello di un corpo assolutamente nero, vale a dire di corpo che assorba tutti i raggi che cadono su di esso. Ma anche con ciò le enormi difficoltà che si oppongono alla risoluzione del problema non sono rimosse, giacchè a noi è impossibile l'assegnare la relazione che esiste fra la radiazione e la temperatura di un dato corpo alle temperature enormi che dominano sul Sole: l'estendere al Sole le leggi che governano tale relazione per i corpi saggiati nella Terra, è certamente pericoloso e malfido procedimento d'indagine, e la discrepanza dei risultati ottenuti a seconda che per tali leggi si adottarono differenti espressioni è prova dell'insormontabile difficoltà del problema. E' merito del nostro Rosetti l'aver dimostrato (1879) che la *legge di Dulong e Petit*, vera per molti casi terrestri, era assolutamente inapplicabile al Sole, ed erano quindi falsi tutti i risultati dedotti dall'applicazione di essa. Questo arduo, ma interessantissimo problema, di vitale importanza per l'umanità, quello cioè della temperatura solare, non cominciò ad essere studiato con qualche precisione che dal 1837, epoca nella quale G. Herschel e Pouillet s'accinsero a misurare la quantità di calore irradiata dal Sole in un dato tempo. Il risultato ottenuto da Herschel si può esprimere come segue: che quella quantità di calore nel corso di 24 ore liquefebbe uno strato di ghiaccio dello spessore di 37 centimetri, qualora però i raggi solari cadessero normalmente sullo strato, e l'atmosfera terrestre non assorbisse intieramente quello che vi cade sopra. Ma poichè il Sole rimane per un certo intervallo di tempo sotto l'orizzonte, e quando sta sopra quel piano, irradia normalmente sopra un unico punto della Terra,

così in media lo strato di ghiaccio avvolgente tutto il globo terracqueo, che sarebbe liquefatto, dovrebbe ammontare solo ad una frazione della detta quantità, e sarebbe per un giorno dello spessore di cm. 9,2 e per un anno di m. 33. Pouillet giunse a temperature comprese fra 1461 e 1761 gradi centigradi: queste cifre bastano a dimostrare la falsità del principio posto a base di quelle ricerche, giacchè i raggi solari concentrati a mezzo di una lente potente giungono a fondere i corpi più refrattari: la temperatura del Sole è dunque indubbiamente superiore a 2000 gradi. Waterston, Secchi, Ericson proposero pel Sole rispettivamente le temperature di 7.156.000, 100.000.000, 2.726.700 gradi centigradi: ma Sir W. Thomson (Lord Kelvin) dimostrò come quei numeri fossero assolutamente inconciliabili coi dati d'osservazione. Nel 1879 il sig. Stephan, di Vienna, proponeva una relazione che lega il potere irradiante di un corpo alla sua temperatura, che fra tutte le analoghe proposte sembra la migliore, poichè è la sola che non abbia per base unicamente risultati sperimentali, forzatamente limitati per rispetto alla temperatura, e che per di più fu dimostrata rigorosamente dall'infelice Boltzmann. Per mezzo della legge di Stephan, Le Chatellier ottenne per la temperatura del Sole 7600 gradi centigradi, che Stawell Ball dichiara essere il risultato più attendibile: il che è anche ammesso implicitamente da Bosler. Circa la temperatura solare vanno menzionati i lavori di Zöllner, Hirn, Wilson, Gray. Nelle ricordate ricerche sulla temperatura solare ebbe ed ha un'importanza speciale una grandezza che dicesi *costante solare*: essa viene espressa a mezzo di quella quantità di calore che in fisica è conosciuta col nome di *piccola caloria* (1). Dicesi *costante solare* il numero di calorie che un centimetro quadrato di superficie terrestre riceverebbe se il Sole lo illuminasse a perpendicolo, e se la nostra atmosfera terrestre non assorbisse calore: i

---

(1) Dicesi *piccola caloria* la quantità di calore necessaria ad elevare da 0° ad 1° C. la temperatura di un gramma d'acqua.

primi istrumenti per misurare questa costante furono detti *actinometri* o *pireliometri*: dopo l'americano Langley adoperasi il *bolometro*: il pireliometro fu adoperato con grande successo da Knut Angstrom. In Italia si occupò a determinare la costante solare il prof. G. Rizzo; ed oggi si ritiene che il valore più attendibile della costante solare sia 2, 5 piccole calorie.

Contemporaneamente a Secchi e Zöllner, l'astronomo francese Faye proponeva una sua teoria del Sole, che Bosler qualifica come « il primo tentativo di spiegazione del Sole veramente corrente e che abbracci la quasi totalità dei fenomeni ». Questa teoria si attacca strettamente alle idee cosmogoniche del Faye medesimo, ed ha carattere di spiegazione analoga a quella di molti fenomeni meteorologici, così la teoria ciclonica delle macchie solari. Proposero altre teorie solari Sir William Siemens, Egon Oppolzer, Yung, Brewster e finalmente Julius, Wilsing, Halm, Wilczynski e Schmidt, che cercarono di spiegare i fenomeni esibiti dal Sole come fatti di pura ottica e che hanno a base teorie ed esperienze di von Seeliger, Wellmann, Bosler e Kummer. Queste teorie che tenderebbero a fare del Sole quasi un'immane illusione ottica, sono discusse e discutibili assai, ma non è possibile neppure il tratteggiarle in un libretto come il presente di storia popolare dell'astronomia. Solo avvertiremo, come fanno Newcomb e Vogel nell'ultima edizione della loro astronomia popolare, che le teorie di Julius e Schmidt sono in contraddizione stridente con tutte le altre sovra menzionate.

Per terminare quel pochissimo che ci è concesso di esporre intorno al Sole, dovremmo ora trattare di quanto gli astronomi hanno pensato circa l'origine del calore solare; ma siccome le teorie al riguardo sono intimamente connesse colle opinioni sull'origine del sistema solare, ossia colle cosmogonie imaginate nel corso dei tempi e sopratutto negli ultimi due secoli, così crediamo buona cosa il discorrere prima di queste.

Negli *Atti della Società Italiana per il progresso delle Scienze*, il valoroso astronomo prof. Riccò ha pubblicato una notevole memoria, sui più recenti progressi

della fisica solare: ivi egli fa rilevare l'importanza di investigare i fenomeni solari e meteorologici nei loro rapporti, e riassume i risultati ottenuti da Meldrum, Köppen, Lockyer, Bigelow, Nordmann ed altri. Per ultimo descrive i vari istituti che s'occupano specialmente di fisica solare.

COSMOGONIA

> L'evoluzione cosmica della natura si continua nello sviluppo storico dell'umanità, e si completa nella perfezione morale dell'individuo. KANT.

34. — Cosmogonia è quel ramo dell'astronomia che cerca l'origine ed il modo di formazione del sistema solare essenzialmente. Noi qui ci occuperemo unicamente della parte scientifica dell'argomento: lascieremo da banda, come estranee ad esso tutte le leggende, tutte le narrazioni contenute nei libri sacri di ogni religione: profondamente rispettosi di qualsiasi credenza illuminata e fede sincera, crederemmo esorbitare dal mandato affidatoci, estendendo la nostra esposizione al di là della vera astronomia. Con questo intendimento, noi preghiamo il benevolo lettore, desideroso di istruirsi al riguardo, a voler ricorrere alle istorie della filosofia e delle religioni, od ai pochi libri antichi di storia dell'astronomia: giacchè una vera istoria della cosmogonia non esiste che io mi sappia (1). Noi incominciamo

(1) Un' esposizione popolare di nozioni storiche sulla cosmogonia è contenuta nel libro di SWANTE ARRHENIUS, *La rappresentazione dell'universo e sua costituzione nel volgere dei secoli:* che in inglese porta il titolo *La vita dell'universo.* Una trattazione matematica sommaria e non completa di alcune cosmogonie moderne leggesi nel libro di ENRICO POINCARÉ (1854-1912) intitolato *Leçons sur les Hypothèses cosmogoniques*, Paris, Hermann, 1911. La parte più suggestiva

con Emanuele Kant, dal quale ha origine la cosmogonia scientifica: i lavori di Wright e Lambert, anche oggi di valore ragguardevole, riferendosi piuttosto alla disposizione e distribuzione dei corpi celesti nell'universo, che non all'origine del sistema solare. Il libro di Wright — *New Theory of the Universe* — ha però una speciale importanza storica: un riassunto di esso in un periodico di Hamburg attrasse l'attenzione di Kant e lo indusse a meditare sul formidabile argomento: ma le meditazioni del genio sono feconde di verità, ed i pensamenti di Kant, stanno oggi ancora validi e saldi nelle cosmogonie moderne, ed avendoli a guida l'evoluzione del cosmo si svolge e si rischiara. Le idee cosmogoniche di Kant si trovano esposte nella sua opera intitolata *Storia Naturale generale e Teoria del Cielo* apparsa nel 1755 e dedicata a Federico il Grande. Kant suppose all'origine del sistema solare un informe ammasso di particelle equabilmente ed uniformemente distribuite, e cercò di spiegare la regolarità dei movimenti dei corpi che compongono il sistema medesimo coll'incessante e costante azione di forze attrattive e ripulsive, sotto il governo delle quali venne svolgendosi la loro istoria cosmica. Questa ipotesi di Kant fu detta nebulare. Essa fu esposta in forma più astronomica e matematica da Laplace, ignaro del suo sommo predecessore, nel suo libro *Exposition du Système du Monde* (1796, e ripubblicata, completata nel 1808).

A base della sua teoria nebulare Laplace pose i fatti seguenti, che al suo tempo si verificavano senza eccezione nel sistema solare: — I. I movimenti diurni ed annui dei corpi del sistema sono diretti, vale a dire procedono da occidente ad oriente. — II. Le eccentricità delle orbite di essi corpi sono piccole. —

---

di questo libro è la prefazione; le conclusioni sono intorno all'argomento completamente agnostiche, e l'autore termina coscienziosamente, proponendo un accentuato punto di interrogazione sulla formazione, l'origine, e la costituzione dell'universo stellato. — Vedasi anche il libro: *Schöpfunggeschichtliche Theorien* del Dottor ALBERTO GOEKEL, Bachem, Colonia 1910.

III. Le inclinazioni di esse orbite sul piano dell'eclittica sono piccole.

Nel 1798, Herschel scopriva che i satelliti di Urano si muovono di moto retrogrado. Laplace non tenne conto di questo fatto nell'esposizione della sua cosmogonia che diede nel 1808. Wolf così interpreta il silenzio di Laplace a quel riguardo: « Se dunque Laplace non si lasciò trattenere da una circostanza così eccezionale, se egli ne tacque persino nell'esposizione lungamente meditata del suo sistema cosmogonico, si è che egli considerò quel fatto come estraneo all'origine stessa di Urano, e come richiedente una spiegazione a mezzo di cause agenti posteriormente alla nascita del pianeta ». La scusa è forse alquanto speciosa, e certo non vale per il silenzio su un fenomeno così strano: checchè sia di ciò, il silenzio di Laplace è vero.

Partendo dai sopra scritti dati di fatto ecco come ragionava Laplace. Qualunque sia la causa che ha prodotto quei tre fenomeni, essa deve avere agito su tutti i pianeti; e poichè questi sono separati da distanze grandissime, così essa si può unicamente cercare in un fluido che occupasse tutto quello spazio enorme. Poichè quella causa ha impresso a tutti i pianeti un movimento pressochè circolare e del medesimo verso intorno al Sole, così quel fluido deve aver circondato il Sole in forma di atmosfera o nebulosa (che nel suo concetto non era altro che una continuazione del corpo stesso del Sole, il quale quindi restava come il nucleo della nebulosa che egli vuole sorgente del nostro sistema), Laplace ammetteva che quella nebulosa avesse una temperatura enorme della cui origine egli non si preoccupava. Helmoltz e Thomson, che consentono con Laplace circa l'esistenza di una nebulosa iniziale enormemente estesa, vogliono che essa fosse freddissima, si trovasse cioè alla temperatura dello spazio celeste, che si sa oggi essere a circa 273 gradi sotto lo zero del termometro centigrado, e che vien detta quella dello zero della temperatura assoluta. Da questa temperatura, fra tutte bassissima, la nebulosa originaria sarebbe gradatamente salita ad altre più elevate, acqui-

stando calore per le leggi della termodinamica, nel diminuire di volume sotto l'impero della gravitazione universale, concentrandosi intorno ad una sua regione un poco più densa delle altre, e che avrebbe costituito, per così dire, il nucleo rudimentale del Sole attuale. In questo modo di vedere, che è uno dei meno disputati, il calore della nebulosa sarebbe dovuto alla contrazione della nebulosa, dal suo volume immenso primitivo a quello occupato nell'istante considerato da Laplace della formazione dei pianeti. Quel procedimento di contrazione sarebbe, come vedremo meglio più avanti, la sorgente continua del calore che con tanta magnificenza l'astro del giorno diffonde per il firmamento.

Croll, che ne' suoi studi sull'evoluzione stellare vuole che la nebulosa iniziale sia originata dall'incontro di due masse cosmiche, fa pure la nebulosa di Laplace caldissima: ad ogni modo, lo fosse essa o non inizialmente, vi fu un punto in cui incominciò ad esserlo, questo è indiscutibile: lo è del pari il fatto della rotazione della massa nebulare. Su questa rotazione speculò erroneamente Emanuele Kant; e Laplace la ritenne una proprietà primitiva della sua nebulosa come l'attrazione ed anteriore alla condensazione centrale. Helmoltz stesso afferma che la *rotazione si deve assumere*, e non ne ricerca la causa. Secondo Laplace adunque, in un dato istante, in una certa regione dello spazio infinito esisteva una nebulosa, caldissima ed animata da un movimento di rotazione. Da questa nebulosa, raffreddantesi per irradiazione di calorico verso lo spazio, e quindi diminuendo di volume, si sarebbero per azione delle due forze, centrifuga e di attrazione, staccati i pianeti, od anelli che poi vennero scindendosi in pianeti. Non è qui luogo ad esporre i particolari di queste formazioni: giova però avvertire che la teoria di Laplace prestava facilmente il fianco a gravi obbiezioni. Molti astronomi e matematici s'occuparono, dopo quell'epoca, dell'attraente problema della formazione cioè del sistema solare: Kirkwood, Faye che oppose alla cosmogonia di Laplace una sua propria, Darwin che studiò l'influenza delle maree sull'evoluzione dei corpi del sistema

solare e la formazione della Luna e dei satelliti degli altri pianeti, Thomson, Trowbridge, Helmoltz che fondò la teoria meccanica dell'origine del calore del Sole, Roche, Wolf, il padre Braun, De Ligondès, Pickering, Newcomb che ha sollevato difficoltà, che non furono finora superate, Ball che ha comuni alcuni concetti con De Ligondès e Faye, Poincaré che dimostrò teoremi di possibile grande portata nell'istoria dei mondi, Hirn, Arrhenius, Peterson, Kinberg, Nölke, Stratton, Schuster, See, Belot, Kerz ed altri; modificando ritoccando, correggendo la teoria di Laplace, partendo però alcuni, oppositori e difensori, dalla nebulosa iniziale calda e roteante sopra sè stessa, altri da concetti assai diversi. Giova rammentare che l'idea della nebulosa iniziale di Laplace ha il suo germe negli studi e nelle osservazioni delle nebulose di Guglielmo Herschel. Nella cosmogonia moderna i tre nomi di Emanuele Kant, Guglielmo Herschel e Luigi Laplace formano una incomparabile triade di genii che nella scienza aprirono un solco fecondo dei più mirabili frutti. Certo la teoria nebulare quale è oggi accettata, è lungi dal rendere ragione di tutti i fatti che l'osservazione ha rivelato nel nostro sistema solare: ma poderosi pensatori la riguardano pur sempre come una delle più splendide creazioni della mente umana, e destinata a rimanere stabile conquista del pensiero dell'uomo. Ball, nel suo splendido libro *The Earth' s Beginning* (L'origine della Terra), così si esprime circa una delle obbiezioni più formidabili sollevate contro la teoria di Laplace, il moto cioè retrogrado dei satelliti di Urano e di Nettuno: « La conclusione alla quale noi giungiamo è così espressa: i movimenti dei satelliti di Urano e Nettuno non sono prova contraria alla teoria nebulare: essi piuttosto illustrano il fatto che la grande evoluzione che foggiò il sistema solare nella forma che esso attualmente possiede, continua il suo corso. L'opera è quasi compiuta, e quando lo sarà, i satelliti di Urano e Nettuno non saranno più in disaccordo coll'armonia generale ». Parole profondamente filosofiche, poichè in natura l'ora presente non segna che uno stadio effimero dell'incessante divenire.

Nei primi anni del presente secolo due astronomi americani, Moulton e Chamberlin, hanno istituito un esame dell'ipotesi di Laplace: fondandosi su fatti con cura scelti in guisa da suscitar dubbi circa l'ipotesi nebulare, sono stati indotti a respingerla ed a proporne un'altra. Moulton scrive però giustamente: « La ipotesi di Laplace è soltanto parzialmente vera e noi non conosciamo ancora il modo preciso dello sviluppo del sistema solare ». Chamberlin chiamò *planetesima* la sua ipotesi che fu detta *spirale* da Moulton. Circa questa ipotesi così scrive Lane Poor: « Essa evita molte delle difficoltà che sembrano fatali alla teoria di Laplace (1), e sembra fornire un ragionevole e possibile abbozzo del modo nel quale il sistema solare può avere raggiunto il suo presente complesso stato ». Gli astronomi americani pongono all'origine del sistema solare, una nebulosa a forma di spirale, quali se ne scorgono molte attraverso ai grandi cannocchiali e del tipo di quella che gli astronomi designano col nome di *Messier 51*, che suppongono animata da un moto rotatorio vorticoso. In questa teoria i pianeti hanno tutti la medesima età, mentre nell'ipotesi di Laplace i più lontani dal Sole sono di più antica formazione, e furono originati attorno a nuclei più densi esistenti nella nebulosa iniziale, in maniera diversa per i grandi e per i piccoli. Chamberlin ha anche cercato di spiegare, come già prima aveva fatto Croll, l'origine della nebulosa a spirale iniziale coll'urto od il rasentamento di due grandi masse cosmiche. Lane Poor conclude colle linee seguenti le sue considerazioni sull'evoluzione del sistema solare: « Tale è l'« ipotesi spirale », l'ultima teoria proposta circa l'origine e lo sviluppo del sistema solare. Essa spiana molte difficoltà che s'oppongono alla ipotesi nebulare di Laplace, ed essa è senza dubbio la teoria più soddisfacente messa innanzi fino ad oggi. Ma non bisogna scordare che essa non è altro che un'ipotesi,

---

(1) Avrebbe dovuto aggiungere: — nello stadio presente della evoluzione cosmica del sistema solare riguardato come l'ultimo e definitivo —; sarebbe stato più vero e giusto.

una acuta congettura. Il sistema solare è stato sviluppato da qualche semplice forma, da qualche cosa molto differente da quello che esso è in oggi; ciò è certo. Ma quale fosse quella forma originale, e con quali esatti procedimenti i vari corpi ed i loro intricati movimenti si siano generati, ignoriamo, nè mai definitivamente sapremo » (1).

In tutte le ipotesi cosmogoniche sopra ricordate non si fanno intervenire che tre forze: quella d'attrazione, quella centrifuga, e l'energia termica; comincia ora a farsi strada il concetto che non sia lecito trascurare le energie magneto-elettriche e forse anche la pressione della luce. Wolf si esprime al riguardo molto esplicitamente a pag. 98 del suo libro *Les hypothèses cosmogoniques* (1886): ed il fisico boemo Zenger vuole senz'altro attribuire i movimenti dei pianeti ad azioni magneto-elettriche.

L'astronomo americano See ha emesso una curiosa supposizione sull'origine del sistema solare. Egli nega che i pianeti ed i satelliti si siano formati colla materia della nebulosa solare supposta da Kant e Laplace all'inizio delle cose. Secondo lui i pianeti sono d'origine cosmica estranea alla nebulosa: sono corpi separati che passando casualmente nei pressi del Sole, vennero da esso catturati. Così la Luna è stata ad una certa epoca catturata dalla Terra. Questa cattura sarebbe l'effetto della resistenza opposta al moto di quei corpi da una densa atmosfera, che altra volta avvolgeva il Sole e la Terra.

Simile ipotesi è stata discussa da Poincaré nel suo libro già citato; ma il signor See non si è mostrato soddisfatto di quella trattazione, meravigliandosi che Poincaré abbia completamente scordato il teorema di Babinet, che lo avrebbe indotto, come indusse lui, a respingere l'ipotesi di Laplace, per la quale Poincaré esprime, ed a ragione, secondo noi, una decisa predilezione. Babinet nel 1861, pensava che se il Sole

---

(1) L'ipotesi di Chamberlin e Moulton non è menzionata nel libro del signor Poincaré, citato in nota a pagg. 154-155.

si fosse esteso, come vorrebbe la teoria di Laplace, fino a Nettuno, la sua rotazione sarebbe stata di molto troppo lenta (28.600 secoli) per ispiegar l'attuale velocità di traslazione del pianeta.

Quell'affermazione di Babinet non trovasi menzionata quasi in nessuna trattazione della teoria di Laplace, posteriore all'epoca in cui fu pubblicata. La teoria del signor See non ha finora incontrato accoglienza troppo favorevole. Essa è esposta nell'opera in due volumi, intitolata: *Reesarches on the Evolution of the stellar systems*. Lynn. Mass., U. S. A. Nichols, 1910.

Il lettore italiano ne troverà un eccellente esame nell'*Annuario Scientifico e Industriale* pel 1911 (Milano, Treves, 1912).

Gli astronomi ed i matematici non si sono accontentati di speculare sull'origine e sull'istoria passata del sistema solare; ma hanno voluto anche prevederne il destino futuro nel suo complesso.

I calcoli di Laplace, Lagrange e Poisson hanno dimostrato che, ad onta della perturbazioni che i corpi del sistema solare esercitano gli uni sugli altri, lo stato di esso si manterrà sempre simile od assai poco differente dall'attuale: ossia che il sistema medesimo è meccanicamente stabile. Ma in questi calcoli i corpi celesti sono considerati, non come grossi globi non rigidi quali realmente sono, ma sono ridotti a punti ideali in cui si suppone concentrata la massa di ciascuno: per talune ricerche, quali quelle della precessione e della nutazione i pianeti vengono riguardati come aventi le loro effettive dimensioni, ma assolutamente rigidi: ipotesi questa non conforme a natura nella quale non esistono corpi che soddisfacciano rigorosamente a quella condizione. In queste reali circostanze i teoremi sulla stabilità del sistema solare non sussistono più. Ancora nei calcoli di quei grandi matematici che costituiscono il primo stadio della meccanica celeste, non fu tenuto conto della resistenza del mezzo tenuissimo quanto vuolsi, nel quale si muovono i pianeti, e che serve alla trasmissione del calore e della luce: giova però avvertire che fino ad oggi non fu possibile scoprire coll'osservazione l'influenza di quel mezzo sul movimento dei pianeti.

I pianeti e la Terra, come i satelliti, non sono assolutamente nè rigidi nè elastici: composti di materia o solida o fluida, subiscono, per causa delle loro reciproche attrazioni, delle deformazioni. Queste non possono avvenire senza che le parti che le subiscono, oppongano delle resistenze e degli attriti. Questi attriti, per un procedimento meccanico assorbono una parte dell'energia del moto di rotazione del corpo nel quale avvengono, e la trasformano per ultimo in calore secondo la legge della trasformazione dell'energia. Questo calore non è naturalmente nè constatato nè constatabile coll'osservazione; i suoi effetti si perdono confondendosi con quelli ben altrimenti notevoli del calore solare. Fra le deformazioni più sensibili ed importanti sulla Terra sono le maree solari e lunari, che oggi, è provato anche sperimentalmente (Darwin, Wolf, D'Abbadie, Bouquet de la Grye, Schweydar, Rebeur-Paschwitz, Zöllner, Hecker, Napier, Denison, Ehbert, Haid, Kortazi), avvengono anche nella crosta solida terrestre (1). Ciò che avviene sulla Terra, avviene anche sugli altri pianeti e rispettivi satelliti e sul Sole, in quella misura che le masse, la costituzione fisica e le reciproche distanze stabiliscono, e mutualmente. L'effetto delle maree è un rallentamento del moto di rotazione del corpo sul quale avvengono: per la Terra sono intorno a tale fatto di capitale importanza i lavori di Halley, Laplace, Adams, Delaunay, Vittorio e Pietro Puiseux, Newcomb, Airy, Thomson e Tait, Parser, Darwin. Dai lavori di Adams e di Darwin, risulta che il periodo della rivoluzione lunare, ossia quello che gli astronomi chiamano *acce-*

---

(1) Per lo studio teorico delle *maree* della crosta solida terrestre è di capitale importanza il libro dell'insigne matematico inglese A. E. H. Love intitolato *Some problems of Geodynamics*, University Press, Cambridge 1911. Su questo argomento sono da consultarsi i lavori di Orloff, Jeans, Herglotz, Lamb, Larmor, ed altri. Contro le idee cosmogoniche di C. H. Darwin si pronunzia Moulton nel suo lavoro *The Tidal and other Problems* — Washington, 1909 — Carnegie Institution.

lerazione secolare del moto medio della Luna, appare oggi più breve che non fosse altra volta, come già aveva notato Halley nel 1692, non perchè la Luna cammini più presto, ma perchè l'unità di misura del tempo che è il giorno siderale va accorciandosi di circa due decimi di minuto secondo all'anno, ossia di venti secondi in un secolo. Questa quantità è così minuta che non può venire scoperta neppure colle più delicate osservazioni: ma coll'accumularsi delle migliaia di secoli, quell'effetto dell'attrito delle maree, ebbe ed avrà la sua influenza sulla storia cosmica e sul destino della Terra e della Luna. Le maree che avvengono sugli altri pianeti come sulla Terra per le azioni loro mutue, e per quelle dei loro satelliti e del Sole, avranno conseguenze analoghe: quali sarebbero tali conseguenze? Non ci è dato qui che l'esporre l'ultima e più remota di esse, e lo faremo colle parole di Thomson (Lord Kelvin) che con profonda sagacia e geniale intuito, ha studiato questo formidabile argomento. « Nello stato attuale della scienza noi non possediamo dato alcuno per apprezzare l'importanza dell'attrito delle maree, e della resistenza del mezzo attraverso al quale si muovono la Terra e la Luna; ma, sia esso qual si vuol essere, per un sistema come quello costituito dal Sole e dai pianeti, non si può dare che un solo risultato finale, ove continuino ad agire le leggi attuali, e non avvengano perturbazioni per incontri con altre masse nello spazio; cioè il raccogliersi del tutto in una massa che, dopo aver continuato per alcun tempo a ruotare sopra sè medesima, finirà per divenir ferma relativamente al mezzo che la circonda ». A queste vedute si possono fare alcune obbiezioni, che furono sollevate per la prima volta nel 1877, dall'autore di questo libretto: come può leggersi nel capitolo intitolato — L'evoluzione cosmica della Terra — nel suo libro *Nel Regno del Sole.*

Kant, Wolf, Hirn, Proctor, Rankine, Tait, Stewart, Croll, Arrhenius spingendo le poderose loro menti più lungi ancora che la fine del sistema solare, hanno escogitato ipotesi sul destino futuro degli astri tutti dell'universo. Essi intravidero nelle grandiose loro sintesi, in vece continua, l'estinguersi ed il rinascere

dei sistemi ed una eterna ed incessante evoluzione degli esseri verso una mèta a loro per sempre ignota; dato che la creazione abbia una mèta, uno scopo.

> Che poi la somma delle cose un fine,
> A sè medesima apparecchiar non possa,
> Ben provvede natura.
>
> (LUCREZIO).

ORIGINE DEL CALORE SOLARE

35. — A spiegare la grandiosità, e la magnificenza sconfinate colle quali il Sole inonda la Terra, nè la Terra solamente, ma tutti i pianeti, e lo spazio che li circonda di luce e di calore, furono immaginate molte teorie. La scienza non può oggi, nè potrà nel futuro, dire quale sia la reale: ne esclude alcune perchè incompatibili con taluni fatti inconcussi, registra le altre come geniali e probabili supposizioni, che l'esperienza però non potrà mai verificare. Per avere una idea dell'immensa potenza calorifica del Sole, basti il dire che ogni metro quadrato della sua superficie emette una quantità di calore tale, che se fosse trasmessa ad una gigantesca caldaia a vapore, il vapore prodotto sarebbe, secondo i calcoli di Lord Kelvin, atto a fornire un'energia di ben 78.000 cavalli vapore: e si rammenta che il cavallo vapore è riferito al minuto secondo. In altre parole ogni metro quadrato della superficie solare emette tanto calore quanto basta a mantenere in moto da un capo all'altro dell'anno una mezza dozzina di grandi transatlantici che navighino giorno e notte colla massima velocità (Ball. *The Sun*. p. 263). Come si spiega questa irradiazione enorme, che certamente nei tempi storici (5000 o 6000 anni) si è mantenuta costante? Si dimostra che a spiegarla non vale nessuna delle due seguenti ipotesi: 1° che il Sole sia un corpo enormemente caldo che si raffredda irradiando calore senza venirne rifornito, come farebbe una gigantesca sfera di ferro arroventato fino al color bianco;

2° che il Sole sia una colossale massa di materia che si consuma poco per volta ardendo per combustione: i calcoli di Yung, W. Thomson, Faye attestano che in poche migliaia d'anni (certamente neppure una diecina) il Sole sarebbe tutto esaurito e ridotto in un oscuro ammasso di ceneri e scorie. Fu dunque necessario il ricorrere ad altre supposizioni. Ne fu messa innanzi una curiosa, quella che il calore solare sia prodotto dall'attrito del Sole, roteante sopra sè stesso in 25 giorni, contro una materia che lo avvolgerebbe tutto: anche questa ipotesi risultò insostenibile: Mayer, il fondatore della teoria meccanica del calore (termodinamica), ne propose nel 1848 un'altra più accettabile. Discorreremo fra breve diffusamente delle stelle cadenti, e dei bolidi, che in numero grandissimo cadono incessantemente sulla Terra: questa caduta avviene naturalmente su tutti i corpi del sistema solare ed in misura tanto maggiore quanto più essi sono massicci e quindi attraenti: pertanto sul Sole la caduta di meteoriti deve essere grandissima. Orbene fu immaginato che quella continua caduta di corpuscoli meteorici sul Sole fosse atta a generare una quantità di calore sufficiente a sostituire quella che il Sole incessantemente emette. Ma si dimostra che anche questa fonte innegabile di calore sarebbe impari allo allo scopo. Menzioneremo semplicemente la teoria proposta nel 1881 dal celebre ingegnere inglese Siemens: ma che non resse ad un'accurata disamina e fu messa subito da banda, benchè in certi punti appoggiata dal sig. Newall, valoroso astronomo a Cambridge.

La teoria sull'origine del calore solare che oggi tiene il campo è quella immaginata da Helmoltz nel 1854, intorno alla quale poi lavorò molto Lord Kelvin. La teoria di Helmoltz è quella che abbiamo già menzionata nel trattare dell'ipotesi cosmogonica di Laplace: essa afferma che il calore originale del Sole fu prodotto dalla contrazione o diminuzione di volume per il raffreddamento cagionato dall'irradiazione della nebulosa estesissima che Laplace pose all'origine del sistema solare. Il Sole sarebbe poi continuamente rifornito di calore da quella diminuzione di volume, che in sostanza non è altro che un accostamento delle

particelle della sostanza solare fra loro, ossia di una caduta di esse verso il centro della massa. Questa ipotesi, che ha suo fondamento nelle vedute di Mayer fu adombrata anche da Waterston, prima di Helmoltz che però ne è il vero fondatore, poichè la svolse e la sostenne coi più convincenti argomenti.

Maxwell Hall calcolò che per supplire alla perdita di calore che il Sole subisce per irradiazione, basta che il suo diametro diminuisca ogni anno di 39 metri. Lord Kelvin che da prima era partigiano dell'ipotesi meteoritica, ma che poi accolse e perfezionò la teoria di Helmoltz, trova un numero poco differente, 35 metri. A tale stregua occorrono circa 20.000 anni affinchè il diametro apparente del disco solare diminuisca di un minuto secondo d'arco. Quantità questa che non sappiamo misurare o, meglio, apprezzare sul Sole: la misura dell'ammontare di essa poi verificatosi dalla nascita dell'astronomia di precisione è e sarà per lungo tempo inavvertibile anche cogli strumenti più delicati. Calcoli più recenti hanno dato per la diminuzione annua del diametro solare numeri superiori a quelli riferiti sopra: Stawell Ball trova 140 metri; ma ciò non modifica essenzialmente le precedenti conclusioni. Nel 1870 Omero Lane ha dimostrato un importante teorema in virtù del quale il calore prodotto dalla diminuzione di volume supererebbe d'alcunchè, ma solo fino ad un certo limite, il calore perduto per irradiazione; di guisa che se il Sole è una massa gassosa, la temperatura di esso si eleverebbe di un poco. Questa conclusione fu trovata anche da Lord Kelvin, indipendentemente, e ritorna quanto dire che una massa gassosa che irradiando calore, si contrae, aumenta di temperatura invece di diminuirne. Questa deduzione rigorosa dai principii di termodinamica, sembra paradossale, mentre è matematicamente vera: si avverta però che dicemmo il debole inalzamento di temperatura della massa gassosa durare solo fino ad un certo limite: e questo è il punto in cui il corpo cessa di essere gassoso, e quindi di obbedire alle leggi dei gas. Da quel momento il corpo incomincia a perdere realmente calore, la sua temperatura si abbassa, ed esso diviene successiva-

mente liquido e poi solido per raggiungere in questa ultima condizione la temperatura dello spazio che lo circonda. Noi non possiamo oggi, nè colla teoria nè coll'osservazione, riuscire a scoprire se la temperatura del Sole varii, e in qual senso, vale a dire se cresca o diminuisca oppure se rimanga costante: non possiamo quindi, a più forte ragione, conoscere in quale stadio della sua evoluzione stia ora l'astro del giorno. Ad ogni modo è certo che il Sole, ora gassoso, deve, in questo modo di vedere, divenire col volgere dei secoli, liquido e poi solido e perdere quindi gradatamente la sua efficacia come dispensiere di luce e di calore. Newcomb e Lord Kelvin ritengono essere poco probabile che il Sole possa continuare a produrre calore sufficiente a mantenere sulla Terra la vita, quale noi la conosciamo per più di 10 milioni di anni: alcuni portano questo numero a 60 milioni; ma anche i più larghi computi non vanno oltre i 100 *a meno di imprevisti*. Ora dopo che quei computi erano stati istituiti in base alle pure leggi della termodinamica, si è scoperto il *radio* e le altre sostanze radioattive, che costituiscono un imprevisto capace di prolungare la potenza irradiatrice del Sole, molto al di là di quei limiti. Su questo argomento nuovissimo hanno scritto, Lockyer, Wilson, G. H. Darwin, Strutt, Kelvin, Hardy; ma il soggetto è appena delibato: lo svolgerlo è riserbato all'avvenire. Questo imprevisto come prolunga nel futuro la vita del Sole quale luminare, la prolunga anche nel passato oltre i 100 milioni probabili, ed i 500 certi che Thomson e Tait, nel loro famoso e classico libro *Treatize of Natural Philosophy* avevano segnati quali estremi dell'età presente del Sole. Se queste nuove vedute saranno confermate, il dissidio fra i geologi, che domandavano per le varie epoche dell'istoria della Terra e dei viventi su di essa un numero sterminato di secoli, ed i fisici e gli astronomi che non si credevano autorizzati a concederli, sarà composto.

Chi desiderasse più ampia istruzione sul Sole e le teorie ad esso relative, può consultare i libri seguenti: Bosler, *Les Théories modernes du Soleil*, Paris, Doin, 1910; Emden, *Gas Kugeln*, Teubner, Lipsia, 1907;

PRINGSHEIM, *Physik der Sonne*, Teubner, Lipsia, 1910; ABBOT, *The Sun*, Appleton, 1911. I libri di Secchi e di Yung, che hanno entrambi per titolo rispettivamente in francese ed in inglese le parole: *Il Sole*, vogliono pur sempre essere studiati e meditati, da chi voglia darsi specialmente a questi studi.

PRINGSHEIM, *Physik der Sonne*, Teubner, Lipsia, 1910; ABBOT, *The Sun*, Appleton, 1911. I libri di Secchi e di Young, che hanno entrambi per titolo rispettivamente in francese ed in inglese la parola: *Il Sole*, vogliono per sempre essere studiati e meditati da chi voglia darsi specialmente a questi studi.

LE COMETE E LE STELLE CADENTI: LA LUCE ZODIACALE

36. — Le cronache e le istorie dei tempi antichi, del medio evo, e dei tempi moderni fino al secolo decimottavo sono piene di descrizioni fantasiose delle apparizioni delle comete, che per un tempo lunghissimo erano paventate come foriere di calamità e disgrazie, come segnali precursori degli avvenimenti di eccezionale importanza. Esse annunziavano, volevasi, le guerre, le rivoluzioni negli Stati; presagivano le fami, le pesti, tutti i più gravi mali dell'umanità, la morte dei grandi della Terra: le comete furono una specie di oracolo universale. Queste idee che dominarono ovunque, nacquero forse da mille cause, da coincidenze fortuite, e dalla superficialissima osservazione dei fatti, che di necessità era limitata a quelle comete che si scorgono ad occhio nudo, che sono scarse assai, in confronto delle innumerevoli che sfuggono all'occhio nudo, e che il cannocchiale ha rivelate.

Non sono ben note le opinioni dei Caldei — i primissimi astronomi — intorno alle comete. Secondo Epigene i Caldei riguardavano le comete quali corpi infiammati da un vortice di aria agitata; secondo Apollonio Mindio essi le ponevano fra le stelle erranti e ne conoscevano il movimento: le riguardavano cioè come analoghe ai pianeti nella loro natura, ossia come corpi permanenti circolanti attorno al Sole in orbite estese, e che divenivano visibili solo quando

erano vicine alla Terra. Questa opinione, che è il più antico vago accenno all'esistenza di comete periodiche, era tenuta anche dai filosofi della scuola pitagorica.

Stobeo, autore greco vivente al quarto o quinto secolo dell'era volgare, riferisce ancora il modo di pensare di taluni, che ritenevano le comete essere vapori, emanazioni, esalazioni terrestri che s'inalzano nell'aria e vi si infiammano, e pervenuti là dove per l'altezza l'etere partecipa al movimento di rotazione dell'universo attorno alla Terra, vi ardono, fino ad estinguersi, formando una cometa.

Le opinioni dei Greci intorno alle comete erano discordi. Alcuni credevano che le comete fossero formate dai raggi solari i quali si riflettevano nell'estensione dei cieli (vigeva presso costoro l'opinione della natura solida cristallina delle sfere celesti), così come avrebbero potuto fare sulla superficie di uno specchio: altri volevano invece che le comete fossero una conseguenza dell'accostamento di due o più pianeti, che in tale condizione rischiarano ed infiammano lo spazio a loro immediatamente circostante, generando apparenze che gli uomini chiamano code, chiome, quali appendici delle comete. Aristotele, che esaminò le opinioni dei filosofi intorno alle comete, combatte energicamente quelli che le facevano derivare dall'avvicinamento di due pianeti, e cita osservazioni antiche e sue, di congiunzioni di pianeti fra essi e con stelle, nelle quali non era stata avvertita nessuna manifestazione di code o chiome. Aristotele pensava che le comete fossero meteore passeggere, corpi effimeri generati nell'atmosfera terrestre più eccelsa e vicina alla sfera del fuoco ma entro la sfera cava portante la Luna, dalle esalazioni terrestri calde e secche, che vi s'infiammano ed ardono fino ad esaurimento, ed allora la cometa scompare, cessando di esistere. « Le comete (scrive il Celoria riassumendo i pregiudizii antichi) sono le anime dei personaggi illustri, che dopo aver vagato sulla Terra per una lunga serie di secoli, vicine a perire, vengono portate come in una specie di trionfo, e sono chiamate al cielo delle stelle sotto forma di astri splendenti. E' per questa ragione, che la fame, le epidemie, le guerre civili seguono l'ap-

parire delle comete; poichè i popoli della Terra sono allora orbati dei loro genii benefici. Fra parentesi, affine a questa è l'altra idea, che più tardi alcuni cristiani si formarono delle comete. Iddio, secondo coloro, crea le comete nei tempi in cui gli piace di manifestare la sua collera agli uomini, e incarica un angelo del cielo di portarle in quei segni, e nelle costellazioni più convenienti ai suoi disegni. Le comete, dicevano altri, sono nubi che si sollevano, e vengono rischiarate dalla luce del Sole e della Luna, od anche solo delle stelle; oppure sono nubi, anzichè rischiarate, infiammate ed abbruciate dai raggi solari; od ancora sono lumi circondati e difesi da dense nubi, in una parola grandi lanterne dell'universo ».

Ancora nel secolo decimosesto Antonio Telesio (1482-1534) professava l'opinione poc'anzi accennata, che cioè le comete fossero vapori terrestri che si rendono a noi visibili, riflettendo la luce solare che li illumina. Più tardi ancora, Tomaso Campanella (1568-1639) da prima adottò il modo di vedere di Telesio, poi cambiò avviso e dichiarò che le comete erano *splendori che avvengono per opera degli angeli a significare e ad agire!*

Giordano Bruno (scrive Giambattista Grassi-Bertazzi nel suo libro *Giordano Bruno, il suo spirito e i suoi tempi* — Sandron, Palermo, 1911, p. 255) fu il primo a vedere nelle comete non segni premonitori di paure irragionevoli o forieri della vendetta di Dio, ma apparizioni celesti d'una divinità più pura — *meliora divinitatis et optima signa* — le quali ci rivelano che la natura è sempre e dovunque la stessa. Il Grassi-Bertazzi rimanda il lettore desideroso di conoscere le varie opinioni escogitate sino al secolo XVI sulla natura delle comete al discorso di Mario Guiducci, che leggesi nel volume V delle opere di Galileo (edizione nazionale, p. 48 e seg.). Keplero e Galileo avevano però già insegnato che le comete si manifestano in ispazii celesti molto lontani (*o al disopra*) dalla Luna. Cardano espose pure alcune idee sulle comete, alle quali forse aderì Galileo.

E' curioso l'avvertire che Tolomeo non menzioni nei suoi trattati astronomici neppure una volta le

comete; e ciò assai probabilmente per il fatto che egli le riguardava con Aristotele come meteore effimere, aventi sede nell'atmosfera terrestre, ossia come oggetti terrestri non come astri. Plinio, per contro, discorre a lungo delle comete, delle quali enumera e denomina con appellativi speciali ben dodici forme differenti. Hevelius riprodusse col disegno undici delle forme di comete descritte da Plinio, nella sua opera *Cometografia*.

Professarono idee molto più sane e conformi al vero filosofi e pensatori come Anassagora, Democrito e Seneca. Quest'ultimo lasciò, intorno alle comete, scritte queste profetiche parole: « Non mi posso persuadere che esse siano un fuoco novellamente acceso; esse sono piuttosto una delle opere eterne della natura; tutto ciò che si genera nell'aria dura poco, l'elemento che lo produce fugge sempre e cambia senza posa... Verrà giorno in cui qualcuno dimostrerà in qual luogo si ritirino le comete, e perchè le loro orbite siano tanto diverse da quelle degli altri astri erranti, quale sia la loro grandezza, il loro numero. la loro natura... ». Le profezie di Seneca non si avverarono che in parte. Newton colla sua legge della gravitazione ed Halley dimostrarono per i primi che molte comete descrivono attorno al Sole orbite ellittiche, e quindi perfettamente analoghe a quelle degli altri astri erranti o pianeti. La teoria di Schiaparelli, che fa derivare le stelle cadenti dallo scindersi delle comete nelle particelle che le compongono, prova che le comete, sulla cui origine nulla si sa ancora di definitivo e che, come disse Keplero, sono più numerose dei pesci nel mare, non sono per nulla opere eterne della natura, ma dopo aver durato come un tutto per migliaia d'anni si scindono, si frantumano, quasi oseremmo dire si polverizzano, e la sostanza onde constavano viene dispersa per lo spazio cosmico.

I pregiudizii e le paure delle comete erano così vitali, che essi persistono oggi ancora, e pur troppo non solo fra la gente incolta; l'apparizione della *cometa di Halley* nel 1910 può fornirne prova incontestabile. La poesia e la letteratura di tutti i tempi hanno cenni e brani intieri sull'influenza nefasta delle

comete; ma, ad onore dei poeti, giova rammentare che parecchi di essi levarono energicamente la voce contro simili stolte credenze.

La teoria vera delle comete incomincia ad essere espressa con Newton e coll'amico suo Halley (1656-1742). Nel suo gran libro *Principii matematici di filosofia naturale*, Newton aveva insegnato come colla legge della gravitazione universale si spiegassero e si potessero calcolare i movimenti dei pianeti: ritenendo che i suoi metodi fossero anche applicabili ai movimenti delle comete, diede le norme seguendo le quali si poteva determinare il cammino celeste di una di esse, purchè la posizione in cielo ne fosse stata determinata coll'osservazione a tre date differenti. Halley si rese padrone di quei precetti e li applicò a ben ventiquattro comete lucenti delle quali aveva potuto procurarsi osservazioni attendibili ed apparse tra gli anni 1337 e 1698. Fra esse egli ne avvertì tre che avevano percorso cammini fra loro molto simili, e tanto che ne fu indotto a pensare che le tre comete apparse nel 1531, nel 1607 vista da Keplero, e nel 1682, a sua volta da lui stesso veduta, non fossero che tre diverse comparse del medesimo astro. Ciò tornava quanto il ritenere esistesse una cometa la quale percorresse in 73 o 76 anni un'orbita chiusa attorno al Sole, e che dopo quell'intervallo ritornava nelle vicinanze del Sole e si rendeva ivi visibile agli uomini. Partendo da questi concetti, Halley congetturò che le comete comparse negli anni 1456, 1380, 1305 non fossero che la medesima mostratasi negli anni scritti poc'anzi. Ad affermare ciò egli era peritoso, poichè gli elementi che valgono a fissare nello spazio un'orbita cometaria, non erano identici per le ultime apparizioni delle quali egli si era servito ne' suoi calcoli. Ma con sagacia geniale Halley intuì che ciò poteva, non meno del divario fra gli intervalli delle apparizioni, provenire dalle perturbazioni che sul cammino ordinario e regolare della cometa dovevano esercitare i maggiori pianeti. Accertatosi di ciò a mezzo di calcoli sul pianeta Giove, egli si persuase che le comete degli anni sopra menzionati non erano se non apparizioni di una sola e medesima cometa moventesi di moto periodico

intorno al Sole, e ne predisse il ritorno per la fine del 1758 od il principio del 1759. Halley si rese ben conto dell'importanza della sua scoperta; ma egli sapeva che la sua mortal carriera sarebbe finita prima che la cometa avesse completata la propria rivoluzione, e ne predisse il ritorno con queste parole: « Pertanto, se secondo la nostra predizione essa ritornerà circa l'anno 1758, la posterità imparziale non si ricuserà di riconoscere che ciò fu primieramente scoperto da un inglese ».

Mit dem genius stehet die Natur im ewigen Bunde;
Was der Eine vers pricht leistet die Andre gewiss.
(*La natura sta col genio in eterna alleanza —*
Ciò che l'uno promette l'altra sicuramente mantiene).

SCHILLER.

E la natura non ismentì il vaticinio del genio, e nella notte di Natale del 1758 la cometa fu vista per la prima volta presso Dresda, da Palitzsch astronomo dilettante. Halley era allora morto da 16 anni circa, il suo decesso essendo avvenuto il 14 gennaio 1742, dopo una lunga vita di 86 anni, passati quasi sempre in ottima salute e interamente dedicati, coi più splendidi risultati, allo studio degli astri. La scoperta di Halley stabilì, in modo indiscutibile, l'esistenza di comete periodiche, cioè percorrenti attorno al Sole orbite chiuse e quindi ricomparendo ad intervalli eguali di tempo, confermò la natura astrale di esse, ed attestò luminosamente della verità dei principii stabiliti da Newton come quelli che reggono il moto degli astri. Quella cometa che condusse a così splendidi risultati, fu giustamente denominata *cometa di Halley*: la sua ultima apparizione avvenne nel 1910.

Circa la scoperta del vero moto delle comete crediamo cosa utile il riportare qui un brano che leggesi nell'*Astronomia* del Santini a pag. 61-62, del volume secondo.

« Gli antichi riguardavano le comete come corpi sublunari derivati da esalazioni terrestri, e come presagi di grandi sciagure per il genere umano, sebbene Seneca nel libro VII delle sue *Questioni Naturali* non abbia dubitato di porle fra il numero dei pianeti, ed

abbia intorno ad esse, direi quasi, traveduto quello che era riservato al sublime genio di Newton di dimostrare. Fu infatti Newton (1) il primo a dimostrare che aggiransi le comete intorno al Sole in orbite ellittiche molto allungate, ed alla parabola molto vicine, cosicchè per il picciolo tratto di tempo in cui sono esse visibili in paragone di quello in cui a noi s'involano, possono le loro orbite aversi per paraboliche, ed in questa ipotesi il più delle volte si possono rappresentare con sufficiente esattezza le osservazioni geocentriche delle medesime. Vero è che molte sembrarono da queste leggi notabilmente allontanarsi, ed i loro movimenti non si sono potuti rappresentare che con orbite ellittiche, e talvolta ancora con orbite iperboliche; scarso però è il numero di quest'ultime, e vista la stabilità del sistema mondiale siamo tentati ad attribuire agli errori delle osservazioni (spesso gravi nelle comete per la indecisione ed informe estensione del loro nucleo) le orbite iperboliche che vennero a

(1) « Comunemente si attribuisce a Doerfell l'onore di avere il primo pensato a spiegare le apparenze dei movimenti delle comete con l'aiuto di una curva parabolica, senza togliere a Newton ed Halley il merito loro dovuto per avere, il primo diffusamente e chiaramente dati i principii matematici relativi al moto loro intorno al Sole; il secondo di averli sì frequentemente messi in pratica per le molte orbite delle quali ci ha lasciato il calcolo, e per il periodo discoperto in una di esse divenuta celebre sotto il suo stesso nome. L'eruditissimo signor barone di Zach ha però dimostrato in un articolo interessante (*Zeitschrift für Astronomie*, vol. VIII, 1817, pag. 379) che il rinomato matematico dello studio di Pisa, Alfonso Borelli napolitano, in una lettera al P. Stefano De Angeli, lettore delle matematiche nello studio di Padova, intorno al movimento della cometa apparsa nel dicembre 1664 sotto il finto nome di *Pier Maria Mutoli*, ha preceduto il Newton di 15 o 16 anni intorno alla vera teoria delle comete; e mentre Doerfell ha mostrato di non avere di essa una chiara idea, Borelli ha fatto vedere non potersi il suo movimento rappresentare nè nel sistema Ticonico, nè nel sistema Tolemaico, ma bensì convenire col sistema Copernicano, che egli appella costantemente *Pitagorico* per sottrarsi (a quanto pare) all'osservazione di troppo rigidi inquisitori;

talune attribuite da valentissimi calcolatori, giacchè una cometa moventesi in siffatta orbita perderebbesi nello spazio, vagando da uno in un altro sistema, la qual cosa se è materialmente possibile, sembra poco probabile ». Vedremo fra breve come i più attendibili e moderni computi di orbite cometarie, istituiti tenendo conto rigorosamente dell'attrazione Newtoniana, senza ricorrere ad ipotesi o ad altre forze, confermino questa opinione del Santini, che era già quella di Borelli.

Dopo quell'epoca, il computo dell'orbite delle comete venne grandemente perfezionandosi per opera essenzialmente di Gauss ed Encke, e parecchie di esse furono riconosciute periodiche; i loro periodi però sono di varia lunghezza. L'*Annuaire du Bureau des Longitudes* (1912) registra in oggi 18 comete periodiche il cui ritorno è stato osservato.

Quando si seppe che le comete erano astri che percorrevano orbite variamente inclinate sull'eclittica, e che

---

tanto ancora erano fisse nella mente di tutti le traversie provate da Galileo. Chiaramente espone il Borelli doversi combinare il moto della Terra col moto della cometa intorno al Sole; dice che il calcolo gli ha mostrato muoversi intorno al Sole in una parabola, e non dubita che se potesse continuare a vedersi per più lungo tempo, si troverebbe un'orbita ellittica. Per ultimo annunzia che la dimostrazione rigorosa di queste sue asserzioni sarà da lui data in altra occasione. In una lettera scritta da Pisa al Granduca Leopoldo il 4 maggio 1665, ripete non potersi avere per rettilinea la via della cometa, ma doversi ritenere per una curva sorprendentemente simile alla parabola, ciò mostrarglielo il calcolo, ed un esperimento che ripeterà in Firenze alla presenza di S. A. — Le molte contraddizioni provate in allora dal sistema Copernicano furono forse la sola cagione che questi preziosi lavori del Borelli fossero universalmente ignorati e quasi soppressi; e per le stesse cagioni non fu forse mai pubblicato il lavoro matematico che egli doveva avere apparecchiato, il quale non avrebbe mancato di fargli grandissimo onore, sapendosi per il suo trattato *De motu animalium* quanto profondo geometra ei fosse. Così i pregiudizi dei tempi hanno involato all'Italia l'onore di una delle più belle scoperte di Newton! » (Nota di Santini).

potevano accostarsi molto al Sole e alla Terra, sorse nelle genti la paura che una di esse potesse nel suo percorso imbattersi nella Terra e cagionare ad essa ed a' suoi abitanti le più disastrose conseguenze. Un teologo inglese, Whiston, fantasticò che la cometa apparsa nel 1680, e che fu detta cometa di Newton avesse cagionato il diluvio universale, e che dovesse in un suo remoto ritorno cagionare la fine del mondo, o per incendio o per inondazione.

E' curioso il rammentare che il sommo naturalista Buffon, che fiorì nella seconda metà del 1700, pensò che una cometa potesse essere stata la cagione della formazione dei pianeti del sistema solare. Egli suppose che una cometa cadendo sul Sole, ne abbia fatto scaturire un torrente di materia, che raggruppatasi a distanza in parecchi globi di diversa grandezza e lontananza da quell'astro, formò i pianeti ed i satelliti. Laplace dimostrò la completa insussistenza delle idee di Buffon. Tanto l'origine quanto la distruzione della Terra prodotte da una cometa implicano l'urto, centrale o laterale, di questi due corpi. Arago e Lord Kelvin hanno fatto evidente che l'urto di due corpi celesti, di due masse cosmiche in generale è enormemente poco probabile: dato che avvenisse, le conseguenze sono imprevidibili, esse dipendono dalla massa, volume e costituzione fisico-chimica dei due astri e dalla velocità e direzione del loro moto. Ad ogni modo, in questi ragionevoli convincimenti, checchè nell'avvenire siano per apportare agli uomini le comete, oggi esse non sono per la comune, che un vago oggetto di curiosità, e per gli astronomi argomento di calcoli, osservazioni e indagini, circa i tanti e curiosi fenomeni che esse offrono alla nostra contemplazione. Discorriamone brevemente.

La prima osservazione di una cometa col cannocchiale sembra essere stata fatta nel 1618. Quest'anno è un anno famoso nell'istoria dell'astronomia, poichè in esso Keplero trovò la terza legge del moto dei pianeti, che, come vedemmo, condusse Newton alla scoperta della legge della gravitazione universale, e Cysat a Luzern osservò per la prima volta la grande nebulosa di *Orione*. L'osservazione telescopica ha

dimostrato che le comete sono corpi di materia cosmica in uno stato di tenuità e di rarefazione grandissime, specialmente in quelle parti della loro figura che diconsi *chioma* o *coda,* per rassomiglianza con simili appendici negli animali. Anticamente si parlava anche di *barba* delle comete, ora non più: la parte centrale che si mostra più luminosa e più densa, dicesi *nucleo.* Babinet qualificò le comete come *des petits riens visibles,* e sir John Herschel le descrive quasi come *spirituali* nella loro struttura. Attraverso alle parti più dense di talune comete si scorsero non di rado piccole stelle, senza percettibile diminuzione del loro lume; fatto già avvertito da Seneca. La tenuità estrema delle sostanze delle comete è poi provata anche dal fatto che alcune di esse passarono molto vicino a certi pianeti e satelliti senza per nulla perturbarne il corso: e già due volte nel secolo decimonono la Terra attraversò la coda di comete, e nessuno se ne accorse. Il 26 giugno 1819 mentre il nucleo di una cometa passava davanti alla faccia del Sole, la Terra fu, secondo ogni probabilità, avvolta nella coda di essa. Ma di questi due simultanei avvenimenti astronomici non se ne seppe nulla sino ad un mese dopo quando essi risultarono da calcoli pubblicati dal grande astronomo Olbers (1758-1840) medico di professione. E' impossibile il trovare una prova più convincente di questa dell'innocuità del passaggio della nostra Terra attraverso alla coda di una cometa. Di questa innocuità si ebbe un'altra lampante dimostrazione il 30 giugno 1861, quando la Terra attraversò la nebulosità che formava la coda della splendida cometa di quell'anno, e gli uomini non se ne avvidero; e, per quanto consta, nulla accadde di straordinario, e niente fu cambiato nei movimenti terrestri. Tutti questi fatti ed i calcoli attestano che la massa delle comete che colle loro code occupano talvolta volumi di miliardi e miliardi di metri cubi è estremamente piccola, che cioè la quantità di materia contenuta in quegli spazii immensi è esigua. Ma che sorta di materia è essa: vale a dire, qual'è la composizione chimica delle comete? La risposta a questa domanda la si ebbe solamente quando la luce delle comete venne sottoposta all'analisi spettroscopica, il

che avvenne per la prima volta nel 1864 per opera dell'astronomo italiano Donati in Firenze, poi di Huggins e di Secchi nel 1866 che riscontrarono nella cometa di Tempel, delle linee brillanti, attestanti l'esistenza in quella di gas incandescenti ed inoltre uno spettro continuo. Nella cometa di Coggia del 1874, si riscontrò pure lo spettro continuo, ma interrotto da linee oscure; il quale permise di conchiudere che parte della luce onde splendono le comete è dovuta a riflessione di luce solare, mentre l'altra parte è prodotta dall'astro stesso (1). L'analisi spettroscopica ha poi rivelato che le tre linee o bande luminose che sono presentate, salvo pochissime eccezioni, da tutte le comete, sono dovute a gas detti dai chimici *idro-carburi*, composti cioè di idrogeno e carbonio, ed al carbonio solo, ed a quel gas che è detto *cianogeno*, che presentano però spettri differenti. Le ricerche posteriori hanno dimostrato, che nelle comete sono presenti il ferro, il sodio, ed altre sostanze che si ritrovano spesso nei meteoriti, o pietre cadute dal cielo. Con Zöllner taluni pensano

(1) Le comete antiche sono designate in astronomia, dopo l'invenzione del cannocchiale, generalmente col nome del loro scopritore, talvolta con quello del calcolatore della loro orbita: quest'ultimo caso si verifica ad esempio per quella cometa che fu studiata da Halley, come si narrò nel testo, e per un'altra detta di Encke dal celebre astronomo che ne studiò con lungo lavoro la celeste istoria, mentre essa fu scoperta in Parigi da Mechain nel 1786. Ma poichè in un anno un medesimo osservatore può scoprire varie comete, così nella loro designazione si adottò la regola seguente. Si designa colla notazione 1905 *a*, 1905 *b*.... la prima, la seconda ecc. cometa scoperta nell'anno 1905, aggiungendovi spesso il nome dello scopritore. Però questa notazione non è conservata nella lista definitiva delle comete, ma in questa le comete sono disposte in ordine secondo l'epoca del loro passaggio al perielio, e si scrive cometa 1905 I, 1905 II, ecc., per designare le comete che sono passate l'una dopo l'altra al perielio, di guisa che la cometa 1905 *a*, può non essere identica colla cometa 1905 I. Vediamo un esempio: il 3 settembre 1908 veniva scoperta in America dall'astronomo Morehouse, una cometa che durante tutto il periodo di visibilità fu denominata *cometa di Morehouse*, poi siccome era la terza stata

che una porzione della luce delle comete sia dovuta all'ignizione di minute particelle solide, e che l'elettricità possa avere nelle particolari apparenze di quegli astri una parte non indifferente.

L'analisi spettroscopica ci ha insegnato, con sicuri fondamenti, di quali sostanze siano composte le comete: ne occorre ora vedere che cosa abbiano pensato gli astronomi sulla loro origine e provenienza, e come abbiano spiegato le curiose e svariate loro forme, ed i grandiosi e rapidi mutamenti in queste che esse presentano.

Abbiamo trattato delle comete periodiche, vale a dire di quelle che in intervalli di tempo più o meno lunghi, descrivono orbite chiuse attorno al Sole, e ritornano ad essere visibili agli uomini in capo ad essi. Ma vi sono molte comete che sembrano descrivere orbite aperte, e cioè non ritornano più nelle vicinanze del Sole: le prime percorrono curve dette ellissi, le altre parabole od iperboli. Dalla natura della curva, e dalla velocità della cometa si può assurgere a spe-

---

scoperta in quell'anno fu detta *cometa 1908 c* e divenne definitivamente *cometa 1908 (o del 1908) IV*, poichè in quell'anno essa passò al perielio suo dopo che altre tre erano già passate rispettivamente al loro.

Dopo la scoperta del telegrafo elettrico, e nell'intendimento di assicurare l'osservazione di nuovi corpi celesti o nuovi fenomeni nel maggior numero possibile degli osservatorii sparsi nel mondo, venne nel 1882, stabilito all'osservatorio di Kiel (Sleswig-Holstein, Germania) un ufficio centrale per i telegrammi astronomici *(Centralstelle für Astronomische Telegramme)* al quale fanno capo tutti gli osservatorii del mondo. Quelli di Europa, Algeri e Taschkent direttamente, quelli dell'America del Nord e del Sud, dell'Africa australe, dell'Australia, delle Indie inglesi, e dell'estremo Oriente, rispettivamente a mezzo degli osservatorii di Harward College (Cambridge, Mass., U. A. S.), Rio Janeiro, Città del Capo, Melbourne, Madras, Hong-Kong. I telegrammi astronomici che giungono alla *Centralstelle* di Kiel, sono immediatamente trasmessi agli osservatori ed agli astronomi abbuonati a quel servizio; per la loro redazione serve un codice speciale ed un linguaggio convenzionale.

culazioni sulla origine, o meglio provenienza della cometa. Guglielmo Herschel riguardava le comete come frammenti di nebulose, come sparsi frantumi di mondi embrionali, e Laplace accolse l'idea e la svolse matematicamente. Questo sommo matematico ritiene con Herschel che le comete siano piccole nebulose erranti per gli spazi celesti fra stella e stella: desse, allorchè pervengono nelle regioni dello spazio nelle quali predomina l'attrazione del Sole, prendono a descrivere attorno a quello delle orbite speciali, lungo un certo tratto delle quali esse possono essere viste da noi. Egli poi dimostrò che una simile massa nebulosa o cometa dovrà descrivere un'ellisse allungatissima o una iperbole, che in quel tratto specialmente accessibile, per la maggior vicinanza alla Terra, alle nostre osservazioni si confonderà sensibilmente con una parabola. E poichè il massimo numero delle orbite cometarie è costituito da ellissi allungatissime, o da curve che si possono ben rappresentare con un arco di parabola, Laplace tanto più si confermò nelle sue idee, le quali furono da tutti accettate come sufficientemente assodate: oggi, come diremo, esse sono abbandonate, e ben pochi astronomi sostengono ancora, che le comete siano masse tenui vaganti fra stella e stella, e che divengono occasionalmente visitatori, e talvolta ospiti permanenti del sistema solare. Ma i calcoli di Laplace erano viziati da una supposizione erronea, quella cioè dell'immobilità del Sole e del sistema solare nello spazio. E' invece provato, e lo vedremo a suo luogo, che il Sole col suo corteo di pianeti e di satelliti si muove attraverso allo spazio stellare. Schiaparelli nel 1871 avvertì questo errore: egli dimostrò che se il Sole, nel suo moto rapido attraverso allo spazio stellato, venisse catturando comete moventisi in quello, esse dovrebbero presentare orbite ben spiccatamente iperboliche. Il fatto che praticamente il loro movimento è parabolico, o tale da confondersi, nel tratto di orbita a noi visibile, con un moto parabolico, dimostra che esse lo ebbero intieramente ed originariamente dal di fuori, dall'attrazione delle stelle nella sfera d'azione delle quali esse passarono. In altre parole, la loro condizione prima di essere attratte,

catturate dal Sole, era quella di un riposo relativo rispetto al Sole medesimo, ossia esse partecipavano al moto di traslazione del sistema solare attraverso allo spazio. Si dovrebbe in conseguenza considerare il complesso delle comete come costituente un'immensa corrente cosmica, paragonabile per certi rispetti alle correnti meteoriche che popolano il nostro sistema planetario, ma di dimensioni enormemente maggiori. Il Sole sarebbe uno dei corpi di questa corrente: pur avendo con gli altri corpi di essa comune il movimento di traslazione attraverso allo spazio celeste, la sua massa preponderante produrrebbe sui corpi minori più a lui vicini delle deviazioni più o meno sensibili, costringendole a descrivere attorno al suo centro di gravità delle iperboli temporanee, e delle ellissi allungatissime e sempre più o meno stabili.

A conclusioni analoghe a queste, erano giunti da altri punti di vista, indipendentemente, Carrington e Mohn nel 1860 e Littrow ed Hornstein nella loro classica opera *Die Wunder des Himmels*.

Schiaparelli (1) ha di recente riattaccato il suo modo di pensare sulla provenienza delle comete alle due grandi correnti stellari che Kapteyn e Dyson credono di aver constatato e delle quali toccheremo in séguito, e spingendosi più avanti egli vorrebbe che i meteoriti siano i corpi minori della corrente di Kapteyn che penetrano nell'interno del sistema pla-

---

(1) *Orbite cometarie, correnti cosmiche, meteoriti* in *Rivista di fisica, matematica e Scienze naturali* (Pavia), Anno IX, 1908. In essa Schiaparelli si era appoggiato ad alcuni lavori di Strömgren, che poi il sig. Fabry dimostrò non esatti, come riconobbe poi lo stesso sig. Strömgren. Schiaparelli tenne conto di ciò nell'edizione francese del suo lavoro in *Bulletin Astronomique*, Vol. XXVIII, 1910. A questo riguardo sono di capitale importanza i lavori di Fayet, Fabry, Strömgren, Thraen già menzionati, Leuschner nel 1907 e See negli anni 1908 e 1910. Le ricerche numeriche di questi valorosi astronomi si fondano sui più certi dati d'osservazione, rimanendo estranee a qualsiasi ipotesi, esse conducono indiscutibilmente alla seguente affermazione di Strömgren: « Se si tien conto rigorosamente dell'influenza della gravitazione Newto-

netario: avvertendo che la loro origine cosmica era già dimostrata dalle grandi velocità colle quali essi sogliono incontrare la Terra. Schiaparelli afferma che nelle correnti stellari di Kapteyn non esistono comete, il che costituirebbe una differenza capitale fra esse e la corrente solare, così ricca di comete e nella quale, a quanto sembra, non esiste che una sola stella, il Sole; quelle di Kapteyn invece, pensa Schiaparelli, sono costituite da stelle e meteoriti. Schiaparelli poi scrive il brano seguente, che qui riportiamo perchè esprime l'ultimo pensiero del nostro eminente astronomo sulle comete e sugli areoliti. « Questa notevole differenza fra la corrente solare così ricca di comete, e le correnti di Kapteyn che ne sembrano assolutamente prive, non è tale tuttavia che se ne debba inferire una differenza completa di natura fra le comete ed i meteoriti. Al contrario, alcune esperienze istituite a Potsdam indurrebbero a credere che le due specie di gas che si mostrano di solito nello spettro delle comete (idrocarburi ed ossido di carbonio) siano pure contenute nei meteoriti allo stato di occlusione. Infatti scaldando fortemente nell'interno di un tubo di Geissler un frammento di meteorite, e facendo attraversare quel tubo dalla corrente elettrica, Vogel ottenne uno spettro risultante dalla sovrapposizione degli spettri dei due gas pur ora nominati. Le comete ed i meteoriti sarebbero dunque corpi di natura identica o poco differente, benchè d'apparenza molto diversa

---

niana, senza introdurre nei calcoli alcun'altra forza, probabilmente noi saremmo condotti nelle orbite di tutte le comete oggi note ad orbite di eccentricità ellittica ». Ciò confermerebbe l'opinione di Santini sopra trascritta. Vedansi al riguardo i seguenti due studi:

O. Zanotti Bianco — Le idee di Lagrange, Laplace, Gauss e Schiaparelli sull'origine delle comete, nelle *Memorie della Reale Accademia delle Scienze di Torino*, anno 1911-1912, serie II, Vol. LXIII: See, *The Cosmogony of Comets* in *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, Vol. XXIV, N. 140, febbraio 1912.

Viene così avvalorandosi ognor più l'opinione che le comete siano di origine solare.

nelle loro manifestazioni. I meteoriti sarebbero delle comete d'altri Soli, che sotto l'azione riscaldante di essi avrebbero già in frequenti grandi emissioni di capigliature e di code, perduto tutto o quasi tutto il loro contenuto gassoso; mentre per contro il nostro Sole non avrebbe ancora estratto da tutte le sue comete e disperso nello spazio la totalità dei gas che esse racchiudevano all'origine. In somma comete e meteoriti potrebbero non differire fra loro che per la diversità delle fasi della loro evoluzione raggiunta presentemente ».

Per ultimo, Schiaparelli cerca di collegare le sue idee, coi grandi concetti cosmogonici: ma questi sono semi che l'avvenire deve fare schiudere e sviluppare dopo aver accertato irrefragabilmente i fatti sui quali poggiano quelle teorie. Alcuni pochi astronomi ammettono però oggi la corrente di comete che accompagnano il Sole estendentesi attorno ad esso fino a distanze enormi dell'ordine di quelle delle stelle.

Molti astronomi nel secolo decimonono pensavano che le comete fossero generate entro il sistema solare, escludendo qualsiasi relazione col cielo stellato o spazio cosmico. A questa categoria apparteneva Lagrange, il quale vedeva nelle comete il prodotto di eruzioni vulcaniche avvenute con grande impeto sui più grossi pianeti. Altri, invece, videro nelle comete frammenti della nebulosa dalla quale sarebbe stato originato il sistema solare, quasi una classe particolare di pianeti, non differenti dagli altri che per alcuni caratteri. Un astronomo americano propugna e sostiene recisamente quell'opinione — vedasi Charles Poor Lane, *The Solar System*, pag. 283 — la quale sembra oggi acquistare grande valore, ed essere generalmente accolta, a preferenza di quella di Schiaparelli come fu accennato a pag. 186.

Crediamo far cosa utile assai traducendo qui alcuni brani di Newton, nei quali quel genio meraviglioso espresse le sue idee sulla natura delle orbite delle comete: noi li togliamo dal lavoro del sig. See citato a pag. 187 che molto a ragione richiamò sui medesimi l'attenzione degli astronomi. Dai passi che qui riporteremo risulta, scrive il sig. See, che: « le orbite delle

comete sono sempre ellissi, ma con un'eccentricità così grande, che nei pressi del perielio esse vengono facilmente confuse con parabole ». Ora ecco quanto Newton lasciò scritto.

« Da ciò, quindi, appare evidente che gli spazi celesti sono privi di resistenza. Giacchè, benchè le comete corrano per vie oblique, e qualche volta contrarie al corso dei pianeti, tuttavia esse si muovono ovunque colla massima libertà, e conservano i loro movimenti per un tempo eccessivamente lungo, anche quando corrono oppostamente al verso dei pianeti. Io m'inganno, od esse sono una specie di pianeti percorrenti orbite rientranti in sè stesse con moto perpetuo » (*Principia*, Lib. III, Prop. XXXIX, Lemma VI, Cor. 3).

Poi, dopo aver discorso della cometa di Halley, Newton così continua:

« Le altre comete sembrano lanciarsi ad altezze maggiori, e richiedere un tempo più lungo per compiere le loro rivoluzioni. Ma a cagione del gran numero di comete e della grande distanza dal Sole dei loro afelii, e della lentezza dei loro movimenti all'afelio, esse eserciteranno una non inconsiderevole perturbazione mutua l'una sull'altra, e le loro eccentricità e le durate delle rivoluzioni saranno talvolta aumentate d'alquanto, tale altra diminuite (1). Esso basta se non si osservano cambiamenti maggiori di quelli dovuti alla predetta causa. Da ciò è possibile assegnare la causa per la quale le comete non sono comprese entro i confini di uno zodiaco, come lo sono i pianeti, ma non essendo costrette da alcun limite, sono, con varii movimenti, disperse ovunque sul cielo; cioè, a questo scopo, che nei loro afelii, ove i loro movimenti sono estremamente lenti, allontanandosi a distanze mag-

(1) Oggi si sa che la massa delle comete anche più cospicue è cosa affatto trascurabile e quindi cadono le perturbazioni mutue che le comete potrebbero esercitare l'una sull'altra, quali le supponeva Newton. Per quanto oggi si sa, occorre tener conto soltanto dei pianeti, come masse perturbatrici delle comete: è singolare che qui Newton non menzioni affatto l'azione perturbante dei pianeti sulle comete.

giori l'una dall'altra, esse soffrono minori perturbazioni dalle loro mutue attrazioni. E quindi è che le comete che discendono le più basse, e quindi si muovono più lentamente nel loro afelio, dovrebbero anche salire più in alto » (1).

« La cometa, che apparve nel 1680, al suo perielio distava dal Sole meno di un sesto del diametro solare, ed a cagione della sua grande velocità in quella vicinanza al Sole, e di una qualche densità dell'atmosfera solare, deve aver subìto qualche resistenza e ritardo; e quindi essendo attratta d'alcunchè più vicino al Sole in ogni rivoluzione, alla fine cadrà sul corpo del Sole. Anzi, al suo afelio, ove si muove colla massima lentezza, può accadere che sia talvolta ritardata dalle attrazioni delle altre comete, ed in conseguenza di questo ritardo discenda al Sole » (*Principia*, Lib. III, Prop. XLII, Prob. XXII).

Ora veniamo ad occuparci delle apparenze presentate dalle comete. L'antichità ed il medio evo scorsero nelle comete, mostri, armi e visi minacciosi ed orrendi, e molti autori ce ne lasciarono i più stravaganti disegni: oggidì le comete ci si mostrano quali sono, cioè corpi celesti di curiosa e varia costituzione, soggetti talvolta a rapidissimi cambiamenti. Non tutte hanno nucleo e coda, e molte se ne videro, in cui mancavano o l'una cosa o l'altra od entrambe, essendo esse null'altro che meri ammassi di materia nebulare più o meno densi e luminosi, e così che soltanto il loro moto fra le costellazioni permette di distinguerle dalle nebulose, che fra quelle rimangono apparentemente fisse. La coda è spesso molto cospicua, unica o multipla, semplice o composta di varie diramazioni, con diversità notevoli dall'una cometa all'altra, sia per l'aspetto come per la lunghezza: in talune la coda manca affatto, in altre si estende persino ad un terzo del cielo visibile, rendendo manifeste lunghezze di molte centinaia di milioni di chilometri. La coda è rettilinea talvolta, tal'altra curva, sempre però svi-

---

(1) Evidentemente qui il *basso* e l'*alto* di Newton si devono intendere come *vicino* e *lontano* dal Sole.

luppasi dalla parte della cometa quasi diametralmente opposta a quella dove sta il Sole, cresce coll'accostarsi di essa a questo e scema quando se ne allontana. In talune comete fu avvertito che il nucleo andava diminuendo di volume col diminuire della sua distanza dal Sole. L'ingrandirsi poi della coda coll'approssimarsi della cometa al Sole non è un'illusione ottica, poichè esso si fa in proporzioni molto maggiori di quelle che, data l'esistenza permanente di una coda di grandezza costante, sarebbero conseguenza ottica della diminuita distanza. Si è quindi indotti a connettere la formazione delle code cometarie coll'accostarsi dei loro astri al Sole, e la scienza si trovò in presenza di un enigma che trova ben scarso riscontro fra gli altri corpi del sistema solare.

Olbers riconobbe fin dal 1812, che le code non sono appendici, ma emanazioni delle comete, emanazioni che si fanno sempre più copiose quanto più l'astro si accosta al Sole, rinnovandosi di continuo. Noi scorgiamo sempre la stessa figura della coda, poichè le forze che la producono sono sempre le medesime, in misura connessa alla distanza dal Sole e dispongono sempre ad una maniera la materia che continuamente emana dalla cometa, la quale poi si disperde nelle regioni celesti attraversate dall'astro, e particolarmente in quelle più vicine al Sole ove quella dispersione è più attiva che ovunque altrove lungo l'orbita della cometa. Avviene per la coda delle comete come per un fiume, che all'occhio appare sempre il medesimo, mentre, l'acqua che scorre nel suo letto è ognora diversa, e si riversa e dilaga nel mare, sostituita di continuo da altra acqua che scende dai monti. Questa dispersione e diffusione della materia cometica, che priva l'astro di una frazione della sua sostanza, può avvenire senza diminuirne troppo rapidamente la massa; giacchè la quantità di materia occorrente allo sviluppo delle code anche più grandiose e lunghe è estremamente piccola. Questo continuo disperdersi di materia emanata dalle comete quando sono vicine al Sole e quindi alla Terra, è secondo alcuni una prova dell'attendibilità della supposizione che le comete, nella immaginata corrente solare cui sembrano appartenere,

non siano che occasionalmente trattenute nel sistema solare. Giacchè se, ad esempio, una cometa periodica come quella di Halley, percorresse la sua orbita ellittica già da milioni di anni, e quindi fosse già passata migliaia di volte nei pressi del Sole, le particelle gassose che la compongono se ne sarebbero staccate quasi fino all'esaurimento dell'astro, così da ridurlo ad un corpuscolo oscuro ed invisibile. La cometa di Halley, ci offre nella sua istoria un cospicuo esempio di ciò, coll'avere nelle sue successive apparizioni perduto molto in grandiosità di aspetto e in lunghezza di coda.

A spiegare la moltiplicità e disposizione delle code delle comete, Olbers nel 1812 aveva espresso l'idea che esse fossero strettamente collegate colla composizione chimica delle comete stesse. Questo concetto fu poi svolto dall'astronomo russo Bredichine che fondò su di esso la teoria, che da lui prese il nome, della coda delle comete. Olbers, seguito da Bessel, pensava anche che la formazione della coda delle comete potesse provenire da ripulsioni elettriche emananti dal nucleo.

L'azione fisica che cagiona lo svolgimento delle code e la concomitante diffusione nello spazio della sostanza dell'astro, va ben distinta dall'azione meccanica, alla quale, come vedremo meglio più avanti, con Schiaparelli nostro, si attribuisce la formazione degli sciami di stelle cadenti, che si riguardano oggi come il risultato della disgregazione meccanica di una qualche cometa. Quest'azione fisica, introdotta e rimasta nella scienza per opera essenzialmente di Olbers, Bessel, Zöllner, Bredichine, si ritiene sia una forza di ripulsione emanante dal Sole, e che costringe le particelle della cometa, che per l'attrazione vanno muovendosi verso di esso, a staccarsi dal nucleo in direzione opposta a quella del loro moto naturale, originando lo sviluppo della coda. Non è escluso che in tali manifestazioni possano intervenire anche fenomeni elettrici, che anzi Bredichine le attribuiva quasi interamente all'elettricità.

Bredichine, seguendo un metodo rigorosamente scientifico, paragonò fra loro le misure ed i disegni delle code di molte comete, e ricavò che le foggie dei

contorni degli schizzi potevano tutte comprendersi in tre tipi speciali. Nel primo tipo troviamo le code rettilinee in direzione quasi diametralmente opposta al Sole. Appartengono a questo tipo la cometa di Halley, quella del 1744 per quanto concerne la sua coda principale, poichè essa aveva ben sei code, che furono osservate e descritte dall'astronomo svizzero De Chéseaux, e nella quale Giacomo Cassini osservò delle fasi; quella del 1811, che ebbe una coda enorme e diede il nome allo squisitissimo vino di Porto in Portogallo, che in quell'anno fu, come mai, eccellente: quelle del 1843 e del 1861. Quest' ultima (1861) fu magnifica e fu considerata nell' Italia meridionale come presagio del prossimo ritorno di Francesco II di Borbone (fortunatamente non avvenuto) al trono delle Due Sicilie; o come presagio pure della morte del Papa Pio IX e della caduta del potere temporale dei papi, che non accadde che il 20 settembre 1870. Nella seconda classe di code, Bredichine colloca quelle che pure stendendosi dalla parte opposta al Sole, sono incurvate all'indietro in direzione contraria a quella del moto della cometa: luminoso esempio di questa classe è la cometa di Donati (valente astronomo fiorentino, 1826-1873), che fu una delle più belle viste nel secolo decimonono, scoperta a Firenze il 2 giugno 1858. Si disse allora, come in forza di vecchi pregiudizi in occasione di molte altre apparizioni di comete, che quella fulgida stella dalla enorme coda annunziasse una grande guerra, ed il presagio si avverò: e la guerra fu grande e gloriosa per l' Italia, che coll'aiuto della Francia, acquistava buona parte delle terre da natura assegnatele. La coda della cometa di Donati, occupava in arco poco meno di un terzo del cielo visibile ed era lunga 67.200 milioni di chilometri: il periodo di questa cometa è di circa 2000 anni. Il computo però della durata di periodi così lunghi riesce molto incerto a cagione delle perturbazioni che sulla cometa esercitano i grandi pianeti. Le code cometarie del terzo tipo di Bredichine sono ancora più incurvate dalla parte opposta al moto dell'astro: esse sono massicce, a foggia di spazzola, fortemente incurvate, e nelle grandi comete sembrano non ritrovarsi

che assieme a tipi delle classi precedenti. Bredichine dimostrò con delicate considerazioni che al primo tipo corrisponde l'idrogeno, al secondo vanno uniti i carburi d'idrogeno, al terzo il ferro ed altre sostanze di un alto peso atomico. Le risultanze dell'analisi spettroscopica e la fotografia celeste hanno dimostrato che la questione della luce, delle code e della composizione delle comete non è risolta: e le comete di Holmes e di Morehouse (1892 e 1908) presentarono fenomeni veramente enigmatici. Le ricerche tutte istituite sulle comete comparse negli ultimi trentacinque anni, han verificato sperimentalmente la teoria di Bredichine: la spiegazione dei fatti è oggi data da alcuni a mezzo di una forza diversa dall'elettricità e che è detta *pressione della luce.*

Questa *pressione della luce*, sarebbe la cagione dell'apparente repulsione, che il Sole eserciterebbe, e che le apparenze esibite dalle code delle comete attestano: essa fu introdotta in astronomia dall'americano Fesseden, e dal fisico Arrhenius di Stoccolma. Non è cosa spettante alla storia dell'astronomia, ma della fisica, il discorrere della pressione della luce; pur tuttavia c'induciamo a dirne qualche cosa: 1° perchè essa è oggi intimamente connessa colla teoria della coda delle comete; 2° perchè non ci consta che di essa si discorra in nessun libro popolare italiano; 3° perchè molti libri parlano della pressione della luce senza accennare al fisico italiano Bartoli che la indicò nel 1884.

Clerk Maxwell (quel medesimo sommo fisico inglese, che stabilì, come vedemmo, la vera costituzione dell'anello di Saturno) pubblicò nel 1872 un trattato sull'elettricità e sul magnetismo, che è una delle più alte produzioni moderne della mente umana, nel quale espose una teoria elettro-magnetica della luce. Una delle più notevoli conseguenze di questa teoria è la seguente: che un corpo colpito da un fascio di raggi luminosi, deve risentire, per quel fatto solo, nella direzione di quelli una pressione normale alla sua superficie. Bartoli dimostrò che ciò è vero anche quando si adotti per la luce la teoria che la vuole prodotta da vibrazioni eteree trasversali e normali alla direzione del

raggio luminoso e per qualunque maniera di radiazione, quindi la *pressione della luce* è detta meglio *pressione di radiazione*. La verificazione sperimentale di questa deduzione teorica non fu ottenuta che nel 1900 da Lebedeff in Russia e poi nel 1903 in America da Nichols e Hull, che dimostrarono, con radiometri estremamente sensibili e riparati da ogni azione estranea, l'esistenza di una pressione della luce, quasi eguale a quella calcolata dalla teoria. Nel caso delle comete la pressione della luce proviene dal Sole essenzialmente. Sui corpi di dimensioni misurabili, come la Terra, o la cometa nel suo complesso come un tutto, questa pressione, benchè di per sè non piccola, è insignificante rispetto all'attrazione solare; ma quanto più piccolo è un corpo (particella di corpi) tanto maggiore è il rapporto della pressione della luce a quell'attrazione. Per certe dimensioni la pressione e l'attrazione si fanno equilibrio: al di là la pressione assume una preponderanza, la quale dura fino ad un certo limite di piccolezza delle particelle: se queste rimpiccioliscono ancora, l'attrazione solare riacquista la supremazia.

Arrhenius si è valso della pressione di radiazione esercitata dal Sole sulle particelle, che per il calore vengono emesse dai nuclei delle comete, per ispiegare la disposizione e la forma delle code delle comete risultanti dalla già esposta teoria di Bredichine. L'astronomo Schwarzschild, poco dopo (1903) ha istituito dei calcoli, che gli permisero di concludere che le idee di Arrhenius nulla presentano d'impossibile, ed indicano entro quali limiti esse siano applicabili alle comete. Arrhenius considera corpuscoli, che egli chiama *goccie*, del diametro di circa 0,00016 millimetri e poco più (0,001 mm.) (1). Ora siccome le molecole sono

---

(1) Nel suo libro *Il Divenire dei Mondi* (Milano, S. E. L., 1909) Arrhenius così scrive in nota: Un centimetro cubo d'acqua contiene 470 bilioni di tali goccie, ma una di tali goccie contiene 96 milioni di molecole, e ci sono probabilmente degli organismi più piccoli di tali goccie. Confrontare le ricerche sopra gli ultramicroorganismi di E. Raehlmann, N. Gaidukow ecc. — BOSLER (*Les Théories Modernes du Soleil*,

molto più piccole dei corpuscoli, sui quali la pressione di radiazione predomina sulla gravitazione, così se ne conclude che per i gas non si può discorrere di influenza della pressione della luce. Arrhenius pensa che di conseguenza la materia percossa dalla luce nella coda delle comete non sia gassosa, e che la distribuzione della materia nelle code sia solo in rapporto col suo peso specifico, non col peso molecolare, ed essenzialmente dipenda dal diametro delle particelle discrete. Non mancano naturalmente le obbiezioni alle idee di Arrhenius; ma qui non è il caso di discorrere di ciò: la radio-attività, gli ioni, furono tirati in campo a spiegare le code delle comete, e molte altre questioni sono sòrte intorno a questi astri, e tutte attendono dall'avvenire la loro soluzione.

Nel 1909, l'americano Barnard ha emesso alcune nuove idee sulla coda delle comete e menziona la possibile esistenza di qualche sorta di mezzo perturbante nello spazio, che può scuotere e contorcere le code delle comete quando le incontra. Ciò ricorda una teoria dell'inglese Stawell Ball che collega la relazione delle macchie solari col magnetismo terrestre, innegabile sperimentalmente, ma che Lord Kelvin dimostrò non ispiegabile fisicamente, con qualche ignoto scuotimento o flusso attraversante lo spazio, come già rammentammo a suo luogo.

Le comete presentano talvolta delle code anomale che sono rivolte verso il Sole. Bredichine è d'avviso che quelle code siano costituite da corpuscoli relativamente troppo grossi e pesanti per sottostare alla forza repulsiva del Sole (pressione di radiazione, secondo Arrhenius) e venir trascinati nella direzione delle code normali opposta al Sole. A queste code

---

Paris, Doin, 1910, pag. 309) avverte che si poterono preparare delle pellicole liquide non più spesse di cinque centomillesimi di millimetro, ossia 0,05 *micron;* il *micron* è il millesimo di millimetro: si dice *micromillimetro* la milionesima parte di un millimetro. Nel citato suo libro Arrhenius attribuisce la diffusione della vita nell'universo all'azione della pressione di radiazione sopra spore minutissime di organismi.

anomale, disgregate, Bredichine vorrebbe attribuire l'origine delle stelle cadenti: che non sarebbero che gli accennati corpuscoli, i quali avrebbero in un dato istante, ricevuto un impulso, una spinta verso il Sole, costituendo così una specie di eruzione della cometa verso il Sole, che poi genererebbe certi sciami di stelle cadenti. Alla spinta enorme verso il Sole che l'ipotesi di Bredichine suppone data ai corpuscoli, Schulhof preferisce supporre l'esplosione di una grande cometa, i cui innumerevoli frantumi vengono lanciati in tutte le direzioni.

In questi ultimi mesi il prof. Righi ha pubblicato uno scritto, discutendo diffusamente le funzioni degli elettroni nel produrre i fenomeni cometari.

Recentemente il signor Luigi Armellini fu Giacomo mise innanzi una teoria ottica delle comete, proponendo nelle *Astronomische Nachrichten* (1911) la seguente questione agli astronomi: *Possono le comete essere considerate quali fenomeni d'ottica?* E poichè come egli scrive, il suo appello non trovò quella eco che egli s'attendeva, egli ritornò sull'argomento nel numero di aprile 1912, della *Rivista d'Astronomia.* Qui basti di ciò questo cenno.

37. — Le stelle cadenti e le teorie sulla loro origine.

Le notizie più antiche sulle apparizioni di stelle cadenti ci sono fornite dagli annali cinesi, che cominciano coll'anno 687 dell'êra volgare, che, raccolte e pubblicate da Biot, giungono fino al 1647; le posteriori, per quanto so, non vennero ancora pubblicate, vietando un uso antichissimo della Cina di rendere pubblici gli annali di una dinastia prima che essa sia spenta o decaduta dal trono. La proclamazione della repubblica in Cina nel 1911 cambierà forse questo stato di cose. Ben scarse informazioni ci offre per contro l'antichità greca e romana sulle apparizioni di stelle cadenti: ed a mala pena dalle descrizioni di prodigi che leggonsi in Tito Livio ed in Giulio

Obsequente, si può dubitare che si tratti di esse. Le cronache del medio evo e gli scritti arabi abbondano di accenni e di descrizioni di piogge di stelle, e parecchi eruditi astronomi ricavarono da essi copiosi cataloghi di apparizioni meteoriche, giacchè le stelle cadenti si chiamano anche, assieme ai meteoriti, *meteore luminose*. Nè, come si può pensare, andavano questi fenomeni eccezionali scompagnati da pregiudizi degli uomini, che anzi venivano riputati tristi presagi di calamità e flagelli: ed in ciò furono sempre intimamente connessi colle comete. Una tradizione antica degli oracoli sibillini, conservata dal cristianesimo, portava che la fine del mondo doveva essere accompagnata dalla caduta delle stelle. A ciò accenna uno storico di Bisanzio, narrando come nell' inverno dal 762 al 763, essendo l'anno ventesimo terzo del regno di Costantino Copronimo, il Mar Nero gelasse tutto, e soggiunge: « Nel marzo successivo apparvero nel cielo cadere le stelle, e tutti che le videro credettero giunta la consumazione dei secoli ».

Nei tempi andati in Europa, le stelle cadenti erano riguardate come le anime dei morti, il cui filo d'esistenza veniva tagliato dal destino. Gli Arabi pensavano invece che esse fossero pietre fiammeggianti lanciate dagli angeli sul capo ai diavoli, quando questi s'accostavano troppo al cielo. Il Corano riproduce e consacra in certa maniera questa credenza, che si trova sparsa in tutte le regioni sottoposte all'influenza dell'islamismo. Molti altri pregiudizi sono legati alle stelle cadenti: che oggi si sa non essere altro se non corpuscoli che bruciano nella nostra atmosfera più eccelsa, a cagione del calore che il loro rapidissimo moto vi svolge. La letteratura poetica di ogni nazione è ricca di allusioni e descrizioni relative alle stelle cadenti: ne rammenteremo due di nostri poeti:

> Quale per li seren tranquilli e puri
> Discorre ad ora ad or subito foco,
> Movendo gli occhi che stavan sicuri.
> E pare stella che tramuti loco,
> Se non che dalla parte onde s'accende,
> Nulla sen perde ed esso dura poco.
>
> (DANTE, *Paradiso*, Canto XV).

Vapori accesi non vid'io sì tosto
Di prima notte mai fender sereno
Nè, Sol calando, nuvole d'agosto.
(DANTE, *Purgatorio*, Canto V).

Così guastati dal Frezzi nel *Quadriregno* :

..... la fiamma corrente
Pare una stella che tramuti loco..... (I, 13)
Vapore acceso nel mese di Agosto
Mai non trascorre il ciel tanto veloce. (IV, 14).

Nel verso « Nè, Sol calando, nuvole d'Agosto » Dante allude certo al fatto che nella prima quindicina d'Agosto le notti sono particolarmente ricche di stelle cadenti: è però curioso che egli menzioni particolarmente il tramonto, ora in cui se ne vedono poche o punto giacchè esse sono corpi piccoli e debolmente luminosi. Non pare accettabile la lezione: « Nè solca lampo » (1). Se si potesse leggere *Sol nascente*, il Poeta sarebbe nel vero in ogni cosa, giacchè l'osservazione ha provato che le stelle cadenti sono più numerose dopo la mezzanotte fin verso al sorgere del Sole, e quindi nelle ultime non nelle prime ore della notte, come a qualche commentatore di Dante piace ancora scrivere oggidì. Dante parla di vapori accesi, giacchè egli s'atteneva all'opinione allora prevalente di Aristotele, che le stelle cadenti fossero vapori terrestri che bruciassero nell'atmosfera, piccole comete secondo credeva il filosofo di Stagira, che Dante riverisce come *il maestro di color che sanno*. Quest'opinione però era combattuta da taluni, poichè Plutarco, nella Vita di Lisandro, narra che alcuni fisici ritenevano le stelle cadenti essere corpi celesti che cadevano. Ma queste sane idee furono scordate, ed ancora sul finire del secolo decimottavo le stelle cadenti venivano considerate come fuochi fatui celesti.

Il Tasso nella strofa 20 del canto ventesimo della *Gerusalemme* così scrive :

Come talvolta estiva notte suole
Scoter dal manto suo stella o baleno.

---

(1) Vedi le nostre *Istorie di Mondi*, pag. 155.

Il primo ad insorgere contro le antiche infantili opinioni sulle stelle cadenti fu Chladni nel 1794, in un suo scritto sopra una massa di ferro meteorico trovata dal naturalista Pallas in Russia, e più energicamente ancora nel 1819; egli sosteneva che le stelle cadenti ed i meteoriti fossero frammenti o particelle della stessa materia primitiva, disseminata attraverso lo spazio. Mädler, Boguslawski, Wolf e miss Clerke menzionano uno scritto apparso nel 1837 del boemo Morstadt, in cui questi esprime l'idea che le stelle cadenti del fine di novembre potrebbero essere atomi dispersi della cometa di Biela, la cui orbita incontra l'orbita della Terra verso quell'epoca (1). Nel 1861 il professore americano dello Stato d'Indiana, Daniele Kirkwood espose alcune sue vedute intorno alle quali il nostro Schiaparelli così si espresse: « Ma nessuno, per quanto è giunto a mia notizia, si è tanto avvicinato al vero, ed ha espresso opinioni tanto precise e categoriche sulla relazione di origine fra le comete e le meteore, quanto l'americano Daniele Kirkwood, professore dell'Università dello Stato d'Indiana. La sua teoria tanto si avvicina a quella, la quale oggidì generalmente è riguardata come la più probabile, che il riferirne l'esposizione può avere più che un interesse puramente storico » (pag. 57 delle *Stelle cadenti*, Milano, Treves, 1886). Dopo quelle linee Schiaparelli trascrive l'esposizione di Kirkwood, alla quale fa seguire il brano che qui riproduciamo, perchè storicamente e moralmente bello.

« Queste speculazioni furono pubblicate nel 1861 in una rivista americana (*Danville Quaterly Review*, di-

---

(1) La memoria di Morstadt è nel n. 347 delle *Astronomische Nachrichten*; ma non è registrata nella Bibliografia Astronomica di Houzeau e Lancaster, nè il nome di Morstadt appare nel libro sulle *Stelle cadenti* dello Schiaparelli: certo egli lo comprendeva negli autori, ai quali allude nel passo seguente: « Se io mi fossi proposto di fare qui una storia completa, dovrei citare le opinioni di parecchi altri autori, i quali per via d'induzione più o meno arbitraria furono condotti a sospettare analogie fra le meteore luminose e le comete ».

cembre, 1861) (1), ed è probabile che neppure oggi sarebbero giunte a notizia del pubblico astronomico europeo, se l'Autore stesso non le avesse riprodotte nel 1867 nel suo *Trattato d'Astronomia meteorica*. Ma nel 1867 queste non erano più novità per i paesi di qua dall'Atlantico; invece di congetture, noi possedevamo già dimostrazioni di molte fra le idee più probabili espresse dal Kirkwood. Checchè ne sia, non si può negare al prof. americano il merito di essersi avvicinato alla verità tanto quanto era possibile per via di semplice divinazione ». Schiaparelli allude qui a quanto egli aveva indipendentemente trovato e dimostrato nel 1866 e reso di pubblica ragione in lettere al P. Secchi. Ecco ancora come il nostro Schiaparelli continua sulla storia delle teorie delle stelle cadenti: « Non sarò dunque tacciato d'ingiustizia ed ingratitudine, se dichiarerò al prof. Newton di Newhaven doversi il merito d'aver segnato in questa materia i primi passi, sopra di una nuova via, che doveva poi condurre a grandi ed inaspettati risultamenti. Egli è stato il primo a stabilire nel 1865 con molta probabilità contro l'opinione allora prevalente, che le orbite delle meteore non sono prossimamente circolari come quelle dei pianeti, ma che esse si avvicinano a quelle delle comete. Una simile investigazione, fatta poco dopo da me indipendentemente dal prof. Newton, condusse ad un identico ed anzi più categorico risultamento ».

A fondare bene la teoria delle stelle cadenti valsero le osservazioni di Brandes e Benzenberg nel 1798 che ad eccitamento di Chladni, che il sommo Delaunay chiamò il Copernico dell'astronomia meteorica, determinarono l'altezza alla quale si accendono le stelle cadenti: di poi poco per volta e colla teoria e coll'osservazione si pervenne alla conoscenza della loro velocità. Le conclusioni alle quali giunse Schiaparelli sono da lui riassunte nelle linee seguenti: « Le orbite descritte dalle stelle meteoriche nello spazio sono analoghe, per natura, forma e disposizione, alle orbite

(1) Questo dato non è in Schiaparelli, ma lo ricaviamo da Clerke, *History*, pag. 333.

delle comete; la velocità assoluta delle meteore quando percuotono l'atmosfera della Terra è generalmente assai prossima alla velocità che corrisponde al moto parabolico attorno al Sole, e sta alla velocità della Terra nella sua orbita, nella proporzione di 141 a 100: certe comete sono associate a certe pioggie meteoriche in modo da descrivere con esse nello spazio orbite identiche: ed infine molto probabilmente le meteore sono il prodotto della dispersione della materia cometica ». Si avverta però bene che la dispersione di cui qui si tratta, si fa lungo l'orbita della cometa e non in altre direzioni: essa è una disgregazione meccanica ben diversa da quella fisica che determina la formazione delle code, della quale più sopra discorremmo. Schiaparelli aveva appena esposto queste sue idee che ne ebbe ampia conferma dalla cometa I di Tempel che accompagna le meteore del 13-14 novembre. Queste costituiscono lo sciame di stelle cadenti, detto delle *Leoneidi*, dalla stella *zeta* (ζ) della costellazione del Leone, dalle vicinanze della quale sembrano irradiare, o come tecnicamente dicesi, che hanno in quella regione il loro *radiante*. Il numero delle meteore visibili in un dato tempo, diviene per le *Leoneidi* massimo dopo intervalli di circa 33 anni, come è attestato dalle splendide piogge di stelle cadenti degli anni 1799, 1833, 1866. Il calcolo poi dimostrò che la grandiosa cometa 1862 III accompagna le meteore visibili dal 9 al 14 agosto, dette *Perseidi*, poichè il loro radiante è nella costellazione di Perseo, e che son dette *correnti* e *Lacrime di S. Lorenzo*, il cui giorno festivo ricorre il 10 agosto. Altre comete si riscontrarono nei cataloghi che appartengono ad altri sistemi di stelle cadenti. I nomi di Adams, Le Verrier, Weiss, Galle, D'Arrest, Denning sono legati a tali ricerche: notevolissima risulta da esse la relazione della cometa di Biela, con certe meteore anteriormente osservate e che fu splendidamente comprovata ed illustrata dalle meravigliose piogge di fuoco del 27 Novembre 1872 e 1885. Le meteore del 27 Novembre sono dette *Andromedeidi* dalla costellazione di Andromeda, dalla quale sembrano irradiare.

La disgregazione meccanica delle comete lungo la

loro orbita, che Schiaparelli riguarda come origine degli sciami di stelle cadenti e delle periodiche manifestazioni di esse, procede gradatamente; e le comete vengono man mano frantumandosi in frammenti ognor più piccoli. Già gli storici antichi fanno menzione di comete che si spezzarono in varie porzioni: ed un preclaro esempio se ne ebbe nella cometa di Biela che in sullo scorcio del 1845 fu vista divisa in due parti; ed il nucleo di una delle quali apparve più volte diviso in varie altre minori, fino alla dissoluzione totale dell'astro sopramenzionato avvenuta nel 1885. Schiaparelli ebbe la rara ventura di poter assistere allo scindersi di una cometa, osservando la sera del 25 agosto 1862 la grande cometa di quell'anno che accompagna le *Perseidi*. Il P. Francesco Denza, meteorologo, aveva fondato in Italia un'associazione per l'osservazione delle meteore luminose; ma dopo la sua morte, essa non ha più dato segno di vita collettiva.

La teoria di Schiaparelli, colle modificazioni apportatevi da Weiss, rende conto del fenomeno delle stelle cadenti ne' suoi tratti generali; ma essa incontra delle grandi difficoltà quando si tratta di spiegare i numerosi fatti rilevati dallo studio minuto dei diversi sciami di cadenti, dei loro radianti e distribuzione di essi (SCHULHOF), che l'avvenire certo risolverà con congrue soluzioni. Ma checchè sia per essere nel futuro insegnato agli uomini intorno alle stelle cadenti che, nelle loro varie manifestazioni, presentano ancora molti problemi insoluti, la connessione loro incontestabile per taluni sciami colle comete, rimarrà gloria italiana purissima, dovuta a Giovanni Schiaparelli.

38. — **I meteoriti**
(aeroliti, o bolidi o pietre cadute dal cielo).

Le stelle cadenti sono corpuscoli pesanti pochi grammi, che bruciano o si polverizzano nell'atmosfera, ed il pulviscolo atmosferico ne porta non dubbie tracce: e poco o nulla di assodato si sa intorno alla loro com-

posizione chimica. Questa ignoranza proviene da ciò che il solo mezzo di cui disponiamo per istituire l'analisi chimica di quei corpi è la spettroscopia: ma si comprende di leggèri quanto sia difficile l'esame spettroscopico di una stella cadente, che fugge, vola e scompare in un attimo.

Ma dal cielo cadono talvolta delle vere pietre di dimensioni e peso non piccoli, che si dicono *meteoriti, aeroliti* o *bolidi.*

Nella Bibbia si hanno accenni a *bolidi*, probabilmente nelle *colonne di fumo.* « Certamente poi » scrive Schiaparelli, « di un bolide è lo spettacolo descritto con vivi colori nella Genesi (XV, 17), dove si narra di un sacrifizio fatto da Abramo: « ed essendo tramontato il Sole, e fattasi densa oscurità, ecco apparve quasi un braciere fumante, ed una lampada di fuoco, che passò attraverso fra le parti delle vittime ». Reminiscenza poi di un bolide si potrebbe pur trovare in una descrizione di Ezechiele (I, 4). Una caduta abbondante di pietre meteoriche sembrò a taluno accennata nel libro di Giosuè (X, 11), come avvenuta nel medesimo giorno che vide fermato il Sole » (1).

I Greci ed i Romani consideravano le pietre cadute dal cielo come presagi celesti e le conservavano gelosamente nei loro templi. La Diana di Efeso stava

---

(1) La Bibbia narra di un altro caso in cui il Sole retrocedette (Quarto *Libro dei Re*) ed è quello noto col nome del miracolo di Achaz. Per questo vedansi i lavori di Maunder e di Schiaparelli sull'astronomia nell'Antico Testamento, ed il nostro articolo *Giornate lunghe e giorni canicolari*, nel fascicolo del 16 luglio 1912 della *Nuova Antologia.*

La famosa *Chanson de Roland* narra che Iddio fermò il Sole affinchè Re Carlo potesse trar vendetta degli assassini del *Fior di Francia.*

Prodigio immenso fe' per Carlo Iddio:
Il Sole si fermò...

(Traduzione di L. Foscolo Benedetto. Torino, Lattes, 1907, p. 116). Io ripeto questa interessante e quasi ignorata notizia dalla cortesia del signor Tullio Marchesi, capitano d'artiglieria; e molto ne lo ringrazio.

sopra un masso informe, che secondo la tradizione era una pietra caduta dal cielo: e forse a ciò allude un passo di San Paolo. L'uso di conservare nei templi pietre cadute dal cielo è comune a tutte le religioni. Nella Kaaba alla Mecca, la città santa degli ottomani, esiste uno scrigno o meglio cassa, che vuolsi sia stata fabbricata da Abramo nel sito ove Adamo adorò Dio per la prima volta dopo essere stato espulso dal Paradiso terrestre. Sul cuspide nord-est di quella cassa sta una pietra lunga sette pollici che credesi sia un rubino caduto dal cielo: essa ora è nera, tanto fu baciata dai peccatori musulmani. Questa è la famosa *pietra nera della Kaaba*.

Vuole poi la leggenda che il Gran Mogol Jehangir avesse una spada fucinata col ferro di un aerolito che cadde nel Panjab l'anno 1620.

Il famoso aerolito caduto davanti a Massimiliano I nel 1492 ad Ensisheim in Alsazia, fu collocato nella chiesa del villaggio. La pietra celeste rimase in quella chiesa per tre secoli, fino a che durante la rivoluzione francese fu trasportata a Colmar, e se ne ruppero dei pezzi, uno dei quali venne mandato al British Museum di Londra. Il resto di quel prezioso oggetto fu fortunatamente restituito alla chiesa di Ensisheim ove è una vera curiosità pel visitatore. Alcuni autori narrano che l'aerolito caduto a Vago, frazione del comune di Lavagno, il 19 giugno 1688, fu legato con una catena in una chiesa di Verona. Avverto che l'accuratissimo Baedeker, nelle sue guide pei viaggiatori non fa cenno di ciò. Assai probabilmente si tratta di un pezzo dei meteoriti caduti a quella dāta, nel Comune di Caldiero (provincia di Verona): giacchè è a sapersi che talvolta i meteoriti cadono in forma di frammenti, o come dicevano gli antichi, che ne menzionano parecchi casi, di pioggia di pietre. I bolidi, quei grossi globi lucenti che solcano talvolta il cielo lasciandovi una scìa lunga e luminosa, scoppiando possono originare di tali piogge. Si racconta che una pietra caduta in Ungheria il 7 settembre 1514 e che pesava 250 libbre, fu in una chiesa legata e avvinta con catene ribadite, affinchè non potesse più volarsene via.

Anassagora nel quinto secolo a. C. riconosceva già alle pietre che cadono dal cielo un'origine non terrestre. Ma queste idee sane e conformi al vero furono scordate. Stütz, direttore del Museo di storia naturale di Vienna (che oggi, 1912, possiede la più ricca collezione di pietre meteoriche del mondo), nel 1799 dichiarava che nella metà del suo secolo si potevano ben trovare « teste illuminate » che credevano vera la fandonia che dal cielo potessero cadere delle pietre, ma che a' suoi giorni nessun naturalista doveva più ammettere ciò. Però, quando nell'anno medesimo in Guascogna cadde, davanti a 300 testimoni oculari, una pietra dal cielo e ne fu data comunicazione ufficiale all'Accademia di Parigi, il noto fisico Berthelon scrisse letteralmente quanto segue: « Non è essa assai triste cosa il vedere un municipio intiero dar con un protocollo fede in tutta forma alle dicerie del volgo, che sarebbero solo da compatire! Che cosa debbo io aggiungere ad un tal protocollo? Tutti i commenti si presentano da sè al lettore filosofico, quando egli legge questa testimonianza autentica di un fatto evidentemente falso, di un fenomeno fisico impossibile ». E nel 1792, un astronomo, Lalande, riteneva le stelle cadenti ed i bolidi come prodotti da esalazioni terrestri.

Plutarco, parlando di un aerolito caduto nel 461 a. C., dice che queste pietre celesti vengono dall'interno del nostro globo, opinione tenuta anche da Plinio. È curioso l'avvertire a questo riguardo che molti geologi ritengono che quella specie di pietre celesti, dette specialmente *aeroliti*, perchè più spiccatamente pietrose, rappresentano, fra i materiali cosmici, roccie equivalenti a quelle della superficie terrestre; mentre quelle denominate *ferri meteorici* o *sideriti*, e contenenti in abbondanza il ferro sempre associato al nichel corrispondono agli elementi che prevalgono nell'interno del nostro pianeta. Questo modo di vedere pare confermato e dal valore della densità media della Terra e dai fenomeni del magnetismo terrestre. Robert Stawell Ball, astronomo inglese, ritiene come molto probabile l'origine terrestre di talune specie di pietre cadute dal cielo. Questa opinione era già stata emessa dal sommo matematico Lagrange, e di recente ripresa

è sostenuta da Tisserand, astronomo francese; ma questi studi erano più teorici che altro. Ball, le cui idee furono seguite da Proctor, pensa che i meteoriti siano stati eruttati da vulcani terrestri in quel tempo remoto in cui l'attività vulcanica del nostro mondo era enormemente maggiore di quanto non sia presentemente. Queste masse solide, lanciate con un impulso enorme, avrebbero attraversato l'atmosfera vincendone la resistenza; sarebbero sfuggite dalla sfera dell'attrazione terrestre e avrebbero assunto un moto ellittico attorno al Sole (talune forse moventisi in orbite aperte si sarebbero staccate per sempre anche da questo), passando in ogni percorso per il punto dell'orbita terrestre dal quale si dipartirono. E sarebbe in quei passaggi che tali masse pesanti verrebbero catturate e riprese in date circostanze dalla Terra. Così sarebbero confermate le opinioni di Plutarco e Plinio, riprese nei tempi moderni da Tschermak.

Fu discusso ed esaminato se gli aeroliti non potessero provenire da altri pianeti, e si trovò ciò poco probabile. Laplace e Poisson posero innanzi l'idea che le pietre cadute dal cielo avessero potuto essere state eruttate da antichi vulcani lunari; Plana dimostrò che se ciò non è impossibile, è per lo meno poco probabile. L'opinione che gli aeroliti provenissero dalla Luna, fu per la prima volta espresso da un fisico italiano, Paolo Maria Terzago nel 1664; Olbers la riprese nel 1795, e, come avverte Schulhof, non è del tutto abbandonata oggidì.

Stanislao Meunier vuole che i meteoriti siano frantumi di un corpo ragguardevole simile alla Terra, avente vere epoche geologiche; e che questo corpo sia stato ridotto in frammenti, da cause non accertabili; ma che forse sono tuttora efficienti su altri corpi celesti. Meunier vede negli asteroidi e nella costituzione geologica della Terra, nell'aspetto della Luna e degli altri pianeti, indizi in appoggio delle sue opinioni, le quali concludono ad un frantumarsi dei corpi del sistema solare.

Nei terreni antichi della crosta terrestre furono trovati degli *aeroliti*, detti perciò *fossili*. Per quanto so, i più antichi incontrati fino ad oggi sono le tre pietre

del terreno carbonifero del Lancashire descritte da Binney nel 1851.

Meydenbauer nel 1875 emise l'idea che i diamanti siano di origine cosmica, e che si siano originati nelle più remote epoche della Terra, od anche che siano caduti dal cielo come meteoriti. Queste idee trovarono conferma in alcuni piccoli diamanti rinvenuti entro pietre meteoriche nel 1887, e poi nel 1892 in un ferro meteorico raccolto in America (Arizona). Ramsay, di recente, constatò in un meteorite la presenza dell'*argon* e dell'*elio*.

La presenza negli aeroliti di sostanze entranti nella composizione chimica dei corpi organizzati ha dato luogo a curiose ipotesi sull'origine della vita: lord Kelvin ed O. Richter credettero scorgere in quelle pietre celesti le disseminatrici dei germi della vita nell'Universo e sulla Terra.

Se codesta ipotesi fosse vera, il culto e l'adorazione tributati anche oggi agli aeroliti da molti popoli del mondo, non sarebbero del tutto assurdi. *Katsiou* che significa aerolite, era il dio degli Aramei nell'Haouran. I Fenici chiamavano le pietre celesti *beith-el*, che in loro lingua sembra significasse *dimora di Dio*, e si è di là, dicesi, che i Greci hanno dedotto la parola *betile*, pietra sacra.

Forse si adorava un aerolite nella pietra Melkarth, l'Ercole di Tiro, del grande e splendido tempio di quella famosa città. Erodiano narra che la pietra del tempio del Sole in Siria era di certo caduta dal cielo. La descrizione poi di quella che rappresentava il dio Marte, a Petra in Arabia, s'attaglierebbe bene per il colore nero ad una pietra celeste. Per i diamanti contenuti nei meteoriti ed il culto di questi ultimi, sono molto istruttivi due lavori di Crookes e di Hubert R. Newton, stampati nel 1897 nel periodico inglese *Nature*.

I popoli civili oggi non adorano più i meteoriti, e più non li imprigionano stretti in catene nelle chiese, ma li depositano nei musei e nelle collezioni mineralogiche, ove se ne ammirano di quelli pesanti molti miriagrammi. Il dott. Brezina, austriaco, di recente pubblicò un catalogo dei principali. Nel 1875 il professore Bombicci, valoroso mineralogo italiano, pub-

blicò un elenco di 34 cadute di aeroliti verificatesi in Italia: i nostri musei posseggono ricche ed interessanti raccolte di pietre cadute dal cielo, che sono oggetti rari e preziosi.

Già esponemmo, trattando delle comete, le opinioni di Schiaparelli sull'origine e provenienza dei meteoriti: ma l'ultima parola intorno a quell'origine ed a tale provenienza non fu ancor detta, e molto e fitto mistero le avvolge tuttora.

La classificazione mineralogica delle pietre celesti esce dal quadro di questo libretto; perciò ne taciamo.

39. — La luce zodiacale.

Il 26 novembre 1818 Pons di Marsiglia scopriva una cometa il cui aspetto poco cospicuo dava scarso affidamento di divenire, come divenne, uno degli oggetti più interessanti del sistema solare. Encke si accinse immediatamente al computo degli elementi dell'orbita di essa, e giunse al risultato imprevisto che essa circolava attorno al Sole in un periodo di circa 3 anni e mezzo. Encke dimostrò ancora che la cometa di Pons era identica con quelle vedute da Méchain nel 1786, Carolina Herschel nel 1795 (1), Pons, Huth e Bouvard nel 1805, é ne predisse il ritorno al perielio per il 24 maggio 1822; ed essa fu osservata da Rümker all'osservatorio di Sir Tomaso Brisbane in Paramatta (Australia) essendo essa allora invisibile nell'emisfero settentrionale, vicinissima alla posizione indicata da

(1) Carolina Herschel è la sorella di Guglielmo Herschel, che fu l'affettuosa infaticabile compagna di quel celeberrimo astronomo: essa non solo badava a rendergli la vita comoda, attendendo instancabile alle facende domestiche, ma lo aiutava nello smerigliare le lenti e nel levigare gli specchi, nei calcoli matematici che essa aveva imparato ad eseguire da sè, nelle sue osservazioni. La vita di Carolina Herschel, informata tutta ad un'entusiastica ammirazione pel fratello, è un poema di devozione fraterna e scientifica.

Encke. Questo, dopo la cometa di Halley, era il secondo esempio di ritorno constatato di una cometa, ed era il primo caso di una nuova classe di oggetti celesti, quella delle *comete a corto periodo*. Di queste comete se ne contano circa trenta circolanti entro l'orbita di Saturno, e presentano analogie coi moti planetarii, che non si riscontrano nelle comete a lungo periodo. La cometa di Encke presentò poi un fatto novissimo, rivelato dalle ricerche di Encke stesso: risultò che i suoi movimenti erano regolati oltre che dalla gravità da qualche causa incognita, che ne accelerava il cammino. Encke, seguendo un'opinione di Olbers, spiegò quell'accelerazione colla presenza nello spazio di una sottile materia, che il grande Eulero, aveva da tempo dichiarato sarebbe stata l'agente perturbatore e forse distruttore della bella armonia del sistema solare. L'accorciarsi del periodo della cometa di Encke fu poi constatato da von Asten e Backlund nel 1868, e pare che l'accorciamento allora subìto si sia reso permanente. Al mezzo resistente invocato da Encke a spiegare i fenomeni presentati dalla sua cometa fu attribuita la *luce zodiacale*, dalla quale abbiamo preso occasione per discorrere della cometa di Encke, di cui non potevamo tacere: veniamo ora alla luce zodiacale. La luce zodiacale, che è particolarmente ben visibile nelle basse latitudini e intorno alle epoche degli equinozii, è una luminosità piramidale, che si vede nelle chiare sere d'inverno o di primavera nel cielo occidentale dopo il tramonto, e nell'estate ed in autunno all'aurora verso oriente, inalzantesi elegantemente sopra l'orizzonte, più intensamente luminosa presso la regione nella quale sta il Sole, e che va affievolendosi coll'allontanarsi da quella. Humboldt (v. il suo libro: *Kosmos, I*) racconta che i Messicani conoscevano la luce zodiacale già quando venne scoperta l'America; essa poi era conosciuta in Oriente sotto il nome di *falsa aurora*; in Europa fu notata da Tycho Brahe, Rothmann, Wendelin ed altri; descritta accuratamente dall'inglese Childrey. Le prime vere osservazioni della luce zodiacale datano dal 1683 (18 marzo) e furono istituite da Domenico Cassini e da Nicola Fatio, suo collaboratore all'osservatorio di Parigi. Fatio proseguì

poi le proprie osservazioni a Ginevra nel suo osservatorio privato, e fornì a Cassini buona parte del materiale, col quale compose l'opera intitolata: *Découverte de la Lumière céleste qui parait dans le Zodiaque*, Parigi, 1685. In quest'opera Cassini emise l'insostenibile idea, che la luce zodiacale fosse l'atmosfera solare estremamente schiacciata. Fatio per contro, che aveva osservato la luce zodiacale anche in Olanda e ne aveva nel 1686 scritto a Cassini, dava del fenomeno una spiegazione, registrata da Cassini stesso, che aveva a base un mezzo tenuissimo analogo, se non identico, a quello di Olbers ed Encke; costituito da particelle capaci di deviare e riflettere la luce. Nel 1730 Pezénas scoprì quella luminosità, molto più debole, che sta nella regione celeste diametralmente opposta a quella della luce zodiacale, e che è detta con vocabolo tedesco *Gegenschein* (apparenza opposta), letteralmente in italiano fu tradotto *lume riflesso o d'opposizione*. Schiaparelli, in ciò seguìto dal P. Stanislao Ferrari, la chiama *fuso minore*. Di poi molti astronomi osservarono la luce zodiacale, e cercarono di esaminarne lo spettro: e fra essi ricorderemo gli italiani Schiaparelli e Serpieri; ma malgrado molti studi la luce zodiacale rappresenta anche oggidì uno dei tanti misteri che l'astronomia non sa spiegare, e la materia che la produce ci è interamente ignota. A questo proposito non sappiamo trattenerci dal tradurre qui uno splendido squarcio di Newcomb (1): « Man mano che noi ci avanziamo nella conoscenza dei fatti, nella ricerca dei fenomeni, nell'indagine dei procedimenti e delle leggi che li governano, ad ogni nuovo passo, noi intoppiamo in nuovi misteri. Per molte delle più importanti manifestazioni nella regione, a noi relativamente prossima, del sistema solare, manca ancora una qualsiasi spiegazione attendibile, un collegamento inoppugnabile con cause cognite. Quanto poco sappiamo noi pure oggi della natura della corona solare, della luce zodiacale, delle comete, e persino dell'aurora boreale che ci è così vicina! Noi ignoriamo le

---

(1) Newcomb, *Populäre Astronomie*, 1905, pag. 476.

cause e le forze che qua producono questa, colà quella forma di manifestazione di movimento, e solo possiamo congetturare, che certe maniere di forza, alle quali ci è possibile tener dietro sulla Terra, in misura però molto limitata, e particolarmente l'elettricità ed il magnetismo, siano in proporzioni enormemente maggiori attive nello spazio del sistema solare che ci circonda, e specialmente sul Sole stesso ».

L'ASTRONOMIA STELLARE

40. — Il raggruppamento delle stelle in configurazioni o costellazioni è molto antico (1): intorno poi all'origine, al motivo cioè per cui ciascuna di esse ebbe un nome speciale, siamo costretti a star contenti di vaghe congetture, sulle quali riteniamo inutile il soffermarci. Pare non improbabile che la divisione del cielo in costellazioni possa essere stata immaginata intorno al 3000 a. C. In Grecia alcune costellazioni furono distinte assai per tempo. Nell' « Iliade », Omero menziona le *Pleiadi*, le *Iadi*, *Orione* e la stella *Sirio*, e nell'« Odissea » il *Bovaro*, custode dell'*Orsa* o conduttore del *Gran Carro,* poichè l'*Orsa Maggiore* ed il Gran Carro sono la stessa cosa. Pare però che a quell'epoca si collegassero all'Orsa Maggiore le altre stelle della medesima regione celeste, e si può supporre che le costellazioni omeriche fossero più ampie delle nostre.

Seneca ritiene che lo studio dell'astronomia in Grecia si possa far risalire al 1400 a. C.: egli ammette che le antiche costellazioni fossero già classiche ai tempi di Eudosso nel quarto secolo a. C. Eudosso osservò quarantasette stelle visibili in Grecia, formando così un elenco di posizioni di stelle, che potrebbe venir considerato come il primissimo rudimentale catalogo

(1) La favola simboleggia l'antichità delle costellazioni nel mito che il primo a comporle in Grecia sia stato il centauro Chirone circa il 1400 a. C.

di stelle. L'opera di Eudosso fu messa in versi da Arato (3° secolo a. C.) in un poema didascalico, che poi fu imitato da Manilio e da Igino nel primo secolo a. C. Il primo catalogo di stelle che sia degno di tal nome è quello compilato da Ipparco intorno all'anno 120 a. C.: esso contiene 1080 stelle, e ci è noto unicamente perchè Tolomeo ce lo ha conservato nel suo *Almagesto*. Quest'opera d'Ipparco parve, ed era, all'antichità così straordinaria che Plinio nell'anno 78 ne scriveva, *come di una cosa che sarebbe stata difficile anche per un dio*. Ipparco nelle sue osservazioni si serviva di un istrumento che era detto *astrolabio eclittico*, poi che forniva le posizioni delle stelle riferite all'eclittica ed ai circoli massimi perpendicolari ad essa; procedimento questo che fu seguìto da Tolomeo e da Al Soufi. Aboul Hassan nel secolo decimoterzo (1282) fu il primo a riferire le stelle all'equatore ed ai meridiani celesti, introducendo così in astronomia l'*ascensione retta* e la *declinazione* delle stelle, che oggi sono le grandezze più generalmente usate al fine di fissare la posizione delle stelle medesime. Gli antichi scrittori però, in generale descrivevano le stelle a seconda della posizione che occupavano nella figura della costellazione alla quale appartenevano. Ma nel 1603 Bayer introdusse l'uso di designare con lettere greche le stelle più lucide di ciascuna costellazione, in ordine di splendore decrescente a partire dall'*alfa* prima lettera dell'alfabeto greco: proposta che era già stata fatta, senza successo, da Piccolomini verso la metà del 1500. Le lettere greche essendo spesso insufficienti, Evelio introdusse dei numeri, seguìto in ciò da Flamsteed, i cui numeri sono quelli che compaiono anche oggidì nei cataloghi. A questi numeri, a tali lettere greche si aggiungevano e si aggiungono i nomi di quelle stelle alle quali ne fu imposto uno: nomi che sono essenzialmente arabi, ed esprimono generalmente qualche tratto caratteristico dell'astro corrispondente. Tolomeo registra nell'*Almagesto* 48 costellazioni, 21 al nord dello zodiaco, le dodici zodiacali che sono enumerate nel seguente distico latino:

Sunt Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo,
Libraque, Scorpio, Architeneus, Caper, Amphora, Pisces,

e 15 al sud dello zodiaco. Man mano che i viaggi marittimi rivelarono nuove regioni dell'emisfero celeste australe invisibili nei paesi ove s'erano designate le prime costellazioni, se ne vennero formando delle nuove: e ciò seguitò fin quasi ai nostri giorni, con numerose variazioni nei raggruppamenti delle stelle costituenti le singole costellazioni od *asterismi* nei nomi e nella designazione di esse, e con non poca confusione nel risultato ultimo (1). Confusione che oggi si evita col fissare senza più la posizione delle stelle, come sopra si disse. Non è qui luogo ad esporre tutte le opinioni emesse sull'origine dello zodiaco e delle sue divisioni, che Autolico (300 a. C.) esplicitamente menziona. Diremo poche cose intorno ad un'antica rappresentazione delle costellazioni zodiacali della quale molto si parla nelle istorie dell'astronomia: essa fu scoperta nel 1799 dal generale francese Desaix de Voggoux a Denderah in Egitto, donde nel 1820 fu trasportata alla Biblioteca Nazionale di Parigi, ov'è tuttora. L'egittologo Brugsch vuole che questa rappresentazione sulla pietra dello zodiaco risalga a 1000 anni a. C., e sia stata copiata

---

(1) Riportiamo qui due strofe italiane che servono pure a rammentare le costellazioni zodiacali: esse sono dovute a Quirico Filopanti, e si leggono a pag. 53 del di lui libro: *Lezioni di Astronomia*, Milano, Bortolotti e C., 1877.

Ariete, Toro e Gemini
La bella primavera;
Cancro, Leone e Vergine
Ci dan l'estate intera;
Il mite autunno formano
Libra, Scorpione, Arcier (*Sagittario*).
Poi son le lunghe tenebre,
Ed il più breve giorno,
Quand'entri, o Sol, nel gelido
Segno del Capricorno,
L'Aquario e i Pesci chiudono
L'immenso tuo sentier.

Questo libro di Quirico Filopanti, spirito bizzarro ma geniale, è affatto sconosciuto agli astronomi: ma si merita miglior fortuna, poichè contiene idee originali e profonde degne di essere meditate.

da simili lavori dei tempi di Sargon: pare quasi accertato che quella scultura sia dell'epoca di Tiberio intorno al 34 a. C.: essa però raffigura uno stato del cielo anteriore di parecchi secoli a quell'epoca, stato che, secondo Biot, corrisponderebbe al 700 a. C. In tutti i tempi si è sempre usato di rappresentare o con disegni sul piano o sopra globi il cielo, colla sua ripartizione in costellazioni e le figure a queste corrispondenti, e lo zodiaco di Denderah è una delle più antiche raffigurazioni del firmamento che ci sia stata conservata. Questi globi celesti costituiscono importanti documenti che ci fanno conoscere lo stato delle cognizioni astronomiche nelle epoche nelle quali essi furono disegnati. Ve ne hanno alcuni opera di astronomi arabi esistenti in Italia: uno del 1080 posseduto dal Museo d'istrumenti antichi di astronomia, fisica e matematica in Firenze: l'altro del 1225 appartenente al Museo Nazionale di Napoli; questo per essere stato nel secolo decimottavo conservato a Velletri nel Museo di un cardinale Borgia è detto *globo Borgiano*. Non è impossibile che Dante abbia visto e studiato uno di questi globi, e da esso abbia appreso la esistenza della costellazione australe che sta presso al polo celeste sud e che è detta *Croce del Sud*, alla quale egli accenna nei versi seguenti:

> Io mi volsi a man destra, e posi mente
> All'altro polo, e vidi quattro stelle
> Non viste mai, fuor ch'alla prima gente.
>   Goder pareva il ciel di lor fiammelle,
> O settentrional vedovo sito,
> Poichè privato sei di mirar quelle!
>
> (*Purgatorio*, I)

e sulle quali ritorna nel canto ottavo della cantica medesima (1).

Già gli antichi greci, Eudosso, Ipparco, Tolomeo, Archimede, s'erano occupati della rappresentazione del

---

(1) Vedasi a questo riguardo il capitolo intitolato: *Le quattro chiare stelle e le tre facelle* nel nostro libro *Astrologia e Astronomia*.

cielo sopra una sfera: il documento più antico esistente è oggi il *globo Farnesiano*, che ora ammirasi al Museo Nazionale di Napoli, e che prima conservavasi nel palazzo Farnese di Roma, donde il suo nome, nonchè quello di *Atlante Farnesiano*, poichè il globo è sostenuto dal mitico Atlante, statua di greco scalpello. Questo globo pare rimonti all'epoca dell'imperatore Antonino (Bianchini, Passeri, Fiorini) e rappresenta le costellazioni del tempo di Arato, e fu certo scolpito in base al di lui poema. E' strano che le costellazioni non abbiano avuto forza di attrarre l'attenzione di molti artisti: due soli, ma grandissimi, le riprodussero coll'arte loro, Rafaello e Dürer. I disegni di Dürer, furono con insignificanti variazioni riprodotti da Bayer nella sua *Uranometria* (1603), da Flamsteed nell'*Atlas Coelestis* (1729), da Argelander nella sua *Uranometria Nova* (1843), da Heiss nell'*Atlas Coelestis Novus* (1872), e sono divenuti classici.

Parecchi dotti non vollero acconciarsi alle denominazioni mitologiche e arabe delle costellazioni, e tentarono di sostituirle con altre tolte dall'antico e nuovo Testamento, e furono da Smyth detti Mosaicisti o appartenenti alla Scuola Biblica. A questo proposito riportiamo qui un brano di Allen, che contiene quanto occorre sapere al riguardo.

« Cominciando dal venerabile Beda, questa scuola giunse fino ai nostri tempi, ma i tentativi di essa fallirono; giacchè, benchè i loro motivi possano essere stati degni di lode, il nostro schema dei gruppi celesti, ha un valore storico troppo grande e troppo utile come sorgente di istruzione popolare per desiderare che venga abbandonato ».

« Fra questi iconoclasti del firmamento compare l'infelice Giordano Bruno del secolo decimosesto, che nel suo *Spaccio della Bestia Trionfante* tentò di sostituire alle antiche figure le virtù morali, Legge, Pietà, Prudenza, Verità, Giudizio universale, Saviezza, ecc.; ed altri più numerosi nel secolo decimosettimo furono Cesio, Geremia Drexelius, Novidius, Postellus, Bartsch, Schickard, Harsdöffer e Giulio Schiller di Augsburg; mentre nei nostri giorni il reverendo dott. John Lamb, il versificatore di Arato, e Proctor scrissero all'incirca

sulla stessa falsariga. I recenti tentativi di miss Frances Rolleston e del reverendo dottor Giuseppe A. Seiss sono specialmente notevoli. Proctor fece altri cambiamenti nelle designazioni delle costellazioni, benchè seguisse le linee antiche; ma questi cambiamenti non furono adottati, e Chambers dice: « erano molto più barbari degli originali che egli condannava »; ed infatti ne' suoi lavori posteriori, abbandonò il tentativo come impraticabile (1) ».

Ipparco adoperando il suo astrolabio eclittico compose il proprio catalogo: ma esaminando le posizioni delle stelle che egli aveva determinate, notò che la posizione del Sole rispetto alle stelle all'epoca dell'equinozio non era esattamente identica a quella che era stata ai tempi di Aristillo, ma che il Sole giungeva al punto nel quale esso attraversa l'equatore (2) più presto di quanto giungesse nell'epoca di Aristillo a quella posizione fra le stelle nella quale esso attraversava l'equatore. Da ciò Ipparco riconobbe che i punti equinoziali retrocedono sull'equatore: e Tolomeo sembra aver notato il fatto che in conseguenza del moto retrogrado degli equinozii, il complesso delle stelle possiede un movimento lento di circa un grado in un secolo: oggi si sa che la precessione è di circa 50″ in un anno. Da Tolomeo in poi s'eseguirono numerosissime determinazioni della precessione, e la sua causa e la sua teoria, intraviste forse da Copernico, furono esposte rigorosamente e saldamente da Newton, e dopo di lui ne completarono la teoria Clairaut, D'Alembert, Eulero, Laplace, Poisson, Airy, ed altri. L'esposizione di essa oggidì può leggersi nel suo stato più perfetto nei trattati di Pratt, Oppolzer, Klinkerfues, Bauschinger, Tisserand: ed è classica una memoria di Serret.

---

(1) Hinckley Allen, *Star names and their meanings*, Steckert, Londra, 1899; e Olcott, *Star Lore of all ages*, Putnam, Londra, 1911. Il nostro Quirico Filopanti, nel 1859, propose una nuova nomenclatura siderea, che passò assolutamente ignorata, sorte che ben s'addice alle innovazioni completamente inutili non solo, ma svantaggiose.

(2) Si rammenti che allora prevaleva il sistema geocentrico nel quale si suppone la Terra ferma al centro dell'universo e il Sole circolante intorno ad essa.

41. — Cataloghi stellari.

Ben seicento anni trascorsero prima che comparisse un nuovo catalogo di stelle, dopo quello di Ipparco: questo secondo catalogo fu compilato dal principe tartaro Ulugh Begh, già nominato, che ottenne anche valori più esatti dell'obliquità dell'eclittica e della precessione. Anche Tycho Brahe compilò un catalogo: in esso inserì 777 stelle osservate con grande precisione, e 200 osservate affrettatamente onde raggiungere il migliaio, per accostarsi a Tolomeo ed Ipparco. Questo catalogo di Tycho Brahe, rimase il solo del quale potessero disporre gli astronomi fino all'ultimo quarto del secolo decimottavo, quando apparve il catalogo di Flamsteed, fondatore e primo direttore dell'osservatorio di Greenwich. Questo catalogo, benchè naturalmente non possa competere con quelli posteriori, dedotti da osservazioni istituite con istrumenti di gran lunga più precisi di quelli usati da Flamsteed, ha pur tuttavia ed avrà sempre una grande importanza per la sua antichità. Ad un successore di Flamsteed nella direzione dell'osservatorio di Greenwich è dovuto un altro catalogo; Bradley (1692-1762) si servì di osservazioni da lui eseguite fra il 1750 ed il 1762. Il catalogo di Bradley, lavoro monumentale, rimase a lungo quasi ignorato, finchè le sue osservazioni furono raccolte e calcolate da Bessel e pubblicate col titolo *Fundamenta Astronomiae*, e poi da Auwers nel 1888. Ma il nome di Bradley s'è reso immortale in astronomia per la scoperta di due fatti celesti d'importanza eccezionale: l'aberrazione della luce e la nutazione dell'asse terrestre. Per intendere l'importanza di questi due fatti ne occorre una non breve trattazione.

Parallasse annua delle stelle, la nutazione e l'aberrazione della luce. — Nel sistema di Copernico si insegna che la Terra in un anno circola attorno al Sole descrivendo l'eclittica, e così che la posizione che la Terra occupa al principio dell'anno dista in linea retta da quella che essa occupa verso la metà, del doppio della distanza media tra la Terra ed

il Sole, cioè: 2 × 149.500.000 = 299.000.000 chilometri. Ora questo spostamento della Terra, deve produrre un corrispondente spostamento delle stelle in cielo; cioè una stella deve essere vista da un osservatore terrestre in due posizioni diverse, secondo che essa è guardata alla fine di giugno od alla fine di dicembre: ciò ben inteso ove le stelle non stiano ad una distanza dalla Terra così enormemente grande da annullare l'effetto di quei 299.000.000 chilometri. Ora siccome ai tempi di Copernico e de' suoi immediati successori non si era riuscito a constatare tale effetto, che è detto *parallasse annua delle stelle* (cambiamento della posizione celeste di una stella cagionato dal moto annuo della Terra attorno al Sole), così molti affermavano che la Terra stava ferma. Non pensavano, che forse gli istrumenti d'allora potevano essere inetti a fare scoprire una grandezza, che non poteva essere ragguardevole; e dall'altra parte si rifuggiva dall'idea di collocare stelle a distanza infinita, così che quel cambiamento di posizione apparisse nullo. Si è per quest'ultima considerazione che Tycho Brahe s'indusse a respingere il sistema copernicano, ed a proporre il suo, nel quale il Sole si muove attorno alla Terra, coi pianeti. La scoperta del cannocchiale che di tanto acuisce l'occhio umano, e rende accessibili alla misura angoli molto piccoli, eccitò lo zelo dei fautori di Copernico, al fine di riuscire a scoprire la parallasse annua delle stelle, che era veramente la prova del fuoco del sistema eliocentrico.

Il primo tentativo a tal fine fu eseguito in Londra da Hooke nel 1669, con misure sulla stella γ (gamma) della costellazione del *Dragone*, che culmina presso allo zenit di quella città. L'obiettivo era fissato nel tetto della casa e l'oculare in una delle camere sottostanti, per poter guardare allo zenit — rozzo cannocchiale per fermo —: dopo quattro osservazioni l'obiettivo s'infranse, ed il tentativo andò così fallito. Römer nel 1701 e nel 1704 rinnovò la prova: le sue osservazioni furono ricalcolate da Horrebow, il quale trovò certi risultati che gli permisero di concludere nell'esistenza di una parallasse per le due lucidissime stelle *Sirio* e *Wega*; e rese pubblica la sua gioia nell'opu-

scolo *Copernicus triumphans*. Oggi si sa che il risultato di Horrebow era errato ed esagerato.

Altri tentativi tennero dietro a questi; noi diremo solo di quello di Bradley, che lo condusse alla scoperta dell'aberrazione della luce, senza rivelargli nulla di attendibile circa la parallasse annua delle stelle. Accadde spesso, e spesso accadrà, nella scienza come nella vita quotidiana, che chi va cercando una cosa ne trovi un'altra. Bradley si propose, come Hooke, di misurare la parallasse annua della stella *gamma* del Dragone: questa stella fu scelta perchè culminando a Londra quasi allo zenit, l'osservazione ne riusciva meno influenzata dai nocivi effetti della rifrazione atmosferica. In causa della parallasse la declinazione della stella avrebbe dovuto essere massima in giugno e minima in dicembre, mentre era da aspettarsi un valore intermedio in primavera ed in autunno. Ma il risultato delle misure fu ben altrimenti diverso, e tale che da principio Bradley non riusciva a spiegarselo: poichè non si manifestò in esso alcun influsso della parallasse, giacchè le declinazioni della stella erano eguali in giugno e dicembre; inoltre risultò che le declinazioni in settembre erano maggiori che in marzo, mentre avrebbero dovuto essere le medesime. Con ciò la stella esibiva bensì un'oscillazione regolare annua, ma questa non era opposta al movimento della Terra lungo l'eclittica, come esigono le leggi del movimento relativo, ma denunciava un movimento perpendicolare a quello della Terra.

Dopo lunghe riflessioni Bradley rintracciò la causa di quelle circostanze nella composizione del moto progressivo rettilineo della luce nello spazio col moto della Terra sull'eclittica: e l'effetto di questa composizione di movimenti sulla posizione delle stelle fu detto *aberrazione della luce*.

La teoria dell'aberrazione è ardua assai, e non è fatta ancora; ed il problema si complica nelle moderne indagini per le vedute sulla natura del mezzo che trasmette la luce; ed essa fu ed è oggetto di molti lavori teorici e sperimentali: accennammo ad alcuni di questi, discorrendo della velocità della luce.

Le osservazioni che Bradley istituì per la ricerca

della parallasse annua, e che lo condussero alla scoperta dell'aberrazione, gli valsero a trovare anche la *nutazione* dell'asse terrestre. Questa è un movimento periodico dell'asse terrestre, dovuto anch'esso essenzialmente all'azione del Sole e della Luna, come la precessione, in virtù di esso l'asse terrestre, descrive in 18,6 anni un'ellisse attorno ad una sua posizione media, mentre questa sta descrivendo, in forza della precessione, il suo grande ciclo di 25.000 anni. La nutazione si traduce in irregolarità nell'andamento della precessione; di entrambe, dell'aberrazione e della parallasse annua si sa oggi tener esatto conto nel computo delle posizioni delle stelle. Per la teoria della nutazione si possono consultare le opere degli autori già menzionati discorrendo della precessione: per la determinazione pratica di esse, giova rammentare i lavori di Bessel, Struve, Peters, Nyrèn: e per il calcolo delle posizioni delle stelle, i trattati di astronomia sferica di Brunnow, Dolittle, Chauvenet, ed i più recenti, quello bellissimo di Newcomb e quello di De Ball. Il trattato recentissimo di Roberto Stawell Ball (1908) può servire a dare una buona coltura astronomica, ma non a formare un astronomo calcolatore. Lo stesso può dirsi dei numerosi trattati di astronomia sferica in lingua francese, compilati essenzialmente a scopo d'insegnamento. Insegnano invece l'astronomia di calcolo e lo sviluppo dei computi i due trattati francesi del signor Souchon (*Traité d'Astronomie Pratique*, 1883, e *Traité d'Astronomie Théorique*, 1891). Così per i computi delle orbite di pianetini, comete, bolidi, stelle doppie, sono eccellenti i trattati di Oppolzer, Bauschinger, Klinkerfuess, Watson, e come introduzione quelli di Moulton e di Frischauf. Per i detti computi sono di grande aiuto le tavole per l'astronomia teoretica di Julius Bauschinger (Lipsia, Engelmann, 1901). L'Italia non possiede che un solo trattato di astronomia sferica, non elementare, quello di Santini, chiaro e piano, ma è antico di poco meno di un secolo. I libri italiani a stampa del P. Müller e del professore Francesco Porro de' Somenzi sono elementari, e destinati pure a fornire una coltura generale, non a formare calcolatori ed astronomi: ma servono molto bene allo scopo prefissosi dai loro autori.

Ed ora, ritorniamo alla parallasse annua, che nè Bradley, nè Lacaille erano riusciti a rendere manifesta. Vollero ciò fare, nel primo quarto del secolo decimonono, Piazzi a Palermo (1803-04), Brinkley a Dublino, Arago e Mathieu in Parigi, Lindenau, Bessel e Struve; ma neppure ad essi fu concesso il giungere a qualche risultato ammessibile. Bessel e Struve però non dubitarono di poter riuscire nell'intento, ma videro che per giungervi bisognava abbandonare i metodi fino allora seguiti dell'impiego di circoli e di cronometri; e che bensì occorreva adottarne altri. Essi si rammentarono di alcuni suggerimenti di Galileo e di Huygens, e adottarono un istrumento detto *eliometro*: ne costrussero di esattissimi Fraunhofer e Repsold. Con uno di questi, s'accinse Bessel nel 1829 in Könisberg alle delicatissime misure, e riuscì a determinare la parallasse annua della stella della costellazione del *Cigno* che porta il numero 61, e trovò per essa 0",35. Questo numero significa quanto segue: un osservatore posto nella stella 61 del Cigno, vede la distanza media della Terra dal Sole sotto l'angolo di 0",35. Da questi dati si può calcolare la distanza della stella dal Sole e dalla Terra, che per questa questione viene considerata come se fosse la stessa. Osservazioni posteriori confermarono il risultato di Bessel, che poneva fra le verità di fatto la parallasse annua delle stelle: il moto della Terra attorno al Sole era incontestabilmente dimostrato; esso aveva superato la prova del fuoco.

Quasi contemporaneamente a Bessel, lavorava allo scopo medesimo Henderson al Capo di Buona Speranza: e riusciva a determinare la parallasse della stella α (alfa) della costellazione del *Centauro*. D'allora in poi le misure di parallassi si seguirono numerosissime, con varii metodi, fra cui quello fotografico: vanno segnalati in tali ricerche gli astronomi Gill, Elkin, Kapteyn. Il Dott. Giorgio Abetti, figlio dell'illustre Direttore dell'Osservatorio di Arcetri presso Firenze, ha nel corrente 1912 pubblicato le parallassi di 42 stelle deducendole da osservazioni di passaggi al cerchio meridiano di Heidelberg istituite dal 1906 al 1908. Se la mia ignoranza non mi induce

in errore, credo che queste siano le prime, e fino ad oggi le sole parallassi stellari determinate da un italiano. La determinazione della parallasse delle stelle, è operazione estremamente delicata, poichè consiste nella misura di quantità piccolissime: i valori pertanto che essa ci fornisce sono molto ma molto incerti: questa incertezza si trasmette alle distanze delle stelle che se ne deducono. I numeri pertanto che si leggono nei libri devono essere considerati, non come esatti, ma come grossolanamente approssimati, rappresentanti cioè non una lunghezza effettiva esatta, ma un ordine di grandezza, con qualche milione di chilometri in più od in meno. Nel *Bulletin Astronomique* pel 1909, è stato stampato un elenco di tutte le stelle (276) delle quali fu misurata la parallasse: esso è compilato dal valente astronomo sig. Bigourdan, è molto istruttivo, ed ampiamente conferma quanto si scrisse poco più sopra. Le distanze delle stelle sono date a mezzo delle parallassi loro, e bisogna ricordare che quanto più una stella è lontana, tanto più piccola è la sua parallasse: ad una parallasse di un minuto secondo d'arco corrisponde una distanza 206.265 volte la distanza della Terra dal Sole, cioè 206.265 $\times$ 149.500.000 = 30.836.617.500.000 chilometri. Le distanze medesime sono anche date in *anni luce*, vale a dire col numero di anni che la luce impiega per venire dalla stella a noi, ricordando che la luce percorre 300.000 chilometri al minuto secondo. Nel leggere poi i numeri che ci forniscono le distanze delle stelle bisogna por mente a ciò che i tedeschi chiamano bilioni quello che noi italiani, ed i francesi, diciamo trilioni: così 3.000.000.000.000 è letto dai tedeschi tre bilioni e da noi e dai francesi tre trilioni.

L'Annuaire du Bureaux des Longitudes pel 1911 registra 37 stelle, la cui parallasse è superiore ad un decimo di minuto secondo d'arco e la *Polare*, la cui parallasse è di 0",07. Il dott. Hermann Kobold nel suo libro intitolato *Der Bau der Fixsternsystems* (Braunschweig, Vierveg, 1906) ha un elenco di 56 stelle con parallasse nota.

Newcomb nel 1902 (*The Stars*, Londra, Murray), pubblica un elenco di 72 parallassi: di queste, 14

sono dichiarate da Newcomb come assolutamente inattendibili, ed altrettanto si può dire in proporzione assai maggiore delle 276 stelle catalogate da Bigourdan.

Vedesi dunque che le nostre conoscenze odierne sulle distanze stellari sono quanto mai incerte e malsicure, e per di più tali, per il loro esiguo numero di fronte ai milioni di stelle che i moderni telescopii ci mostrano, da non poterci fornire alcuna nozione attendibile sulla distribuzione in distanza della massima parte delle stelle. Così che si è costretti a riconoscere che tutte le speculazioni al riguardo sono puramente ipotetiche e precarie, mancando di una base solida ed adeguata alla loro portata, e più che mai all'estensione ed alla generalità loro attribuite.

Ancora dei cataloghi stellari. — Ed ora ritorniamo ai cataloghi, intorno ai quali lo spazio non ci consente che di aggiungere pochissime cose. L'astronomo Piazzi, che scoperse il primo pianetino, lasciò pure un catalogo apprezzatissimo che si sta ora ricalcolando; ed altri cataloghi furono di poi pubblicati in Italia da Cagnoli, Cacciatore (calcolato da Auwers), Oriani, Brioschi, Bianchi, Carlini, Santini, Santarelli, Respighi, Boccardi, Capelli, Contarino e Angelitti, Cerulli, Schiaparelli e Celoria, Millosevich, Peyra e Tacchini, Antoniazzi, Viaro, Zappa. Sono cataloghi di primaria importanza quelli di Lacaille, Lalande, Argelander, Gould, della Società Astronomica tedesca, di quella inglese, dell'osservatorio di Parigi ed altri. Un elenco completo di cataloghi stellari leggesi nella parte II del volume III dell'*Handwöterbuch des Astronomie* di Valentiner, Breslavia 1901: quell'elenco è dovuto all'esimio astronomo F. Ristenpart.

La conoscenza del valore numerico della precessione degli equinozii, come quella del valore numerico della nutazione, dell'aberrazione e del moto proprio di ciascuna stella, è indispensabile per la determinazione della posizione delle stelle ad una data epoca, ossia per la compilazione dei cataloghi.

Numerosissime sono le determinazioni del valore numerico della precessione annua degli equinozii istituite da Ipparco (127 a. C.) ad oggi. Il *Vade-mecum de l'Astronome* di Houzeau (Bruxelles, 1882; oggi una

vera rarità bibliografica), contiene un elenco di valori della precessione annua fino al 1875: dopo si eseguirono ancora varie misure; ma i maggiormente usati, furono quelli di Peters (1844 e pel 1800) 50",241; Struve O. (1844 e pel 1800) 50",237 e Bessel (1826 e pel 1800) 50",2235. Nel *Berliner Jahrbuch* per il 1869, Foerster ha dato un esame critico di tutti i valori pubblicati fino all'anno in cui fu compilato quell'annuario. Era però vivamente sentito dagli astronomi il bisogno di addivenire ad una intesa per scegliere definitivamente un valore da adottarsi da tutti per le costanti astronomiche e per la compilazione di un catalogo di stelle fondamentali. Le *stelle fondamentali* sono come segue definite dall'insigne astronomo F. Tisserand nel suo scritto intitolato: *Notices sur les travaux de la Commission internationale des étoiles fondamentales*, nell'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pel 1897: « Sono delle belle stelle delle quali la *Connaissance des Temps* e le altre raccolte similari degli altri paesi pubblicano in anticipazione le posizioni o le effemeridi di 10 in 10 giorni. Queste stelle, sulle quali è così richiamata l'attenzione, sono osservate più di frequente che le altre; esse giungono ad essere conosciute con una precisione maggiore, e servono come punti principali di riferimento, ai quali si riattaccano le posizioni dei pianeti e quelle delle altre stelle ». Per una più rigorosa definizione vedasi il *Trattato di astronomia sferica* di Newcomb.

L'astronomo inglese Downing, che nel 1894-95 dirigeva il *Nautical Almanac* inglese, propose che si indicesse una conferenza internazionale per istabilire una convenzione circa l'argomento sovramenzionato: la proposta fu accolta, e la conferenza, indetta in Parigi dal *Bureau des Longitudes*, compì i suoi in quella città nei giorni 18, 19, 20, 21 maggio 1896, sotto la presidenza di Hervé Faye. In essa furono prese molte ed importanti deliberazioni; si adottarono i seguenti valori delle costanti:

Nutazione 9",21; Aberrazione 20",47; Parallasse solare 8",80.

Quanto alla precessione ed al catalogo di stelle fondamentali, fu affidato a Simone Newcomb l'incarico

di occuparsene e di prepararne uno. Questo catalogo di stelle fondamentali fu pubblicato nel 1902, e costituisce la parte seconda del volume VIII delle *Astronomical Papers of the American Ephemeris*. Newcomb adottò per la precessione annua 50",2453. Un calcolo più recente della precessione e dell'obliquità della eclittica è stato nel 1911 istituito dai signori Zinner e Andoyer separatamente; quest'ultimo ritrovò quasi esattamente i valori di Newcomb. Vedasi al riguardo un articolo di Ottavio Zanotti Bianco nella *Rivista di Astronomia* pel 1910, p. 438.

Nel suo trattato classico di astronomia sferica (1906) Newcomb diede un elenco dei principali cataloghi stellari, con speciale riguardo a quelli di stelle fondamentali. Nell'ottobre 1911 (23-27) fu tenuto in Parigi un Congresso di astronomi (essenzialmente direttori di Annuari Astronomici) per accordi su dettagli tecnici e computo di posizioni di stelle fondamentali e per l'adozione dei valori definitivi di alcune costanti astronomiche. L'indole di questo libretto popolare di coltura generale, non vuole che altro qui si aggiunga in proposito.

Dopo che venne applicata la fotografia allo studio del cielo, e che fu fatta molto progredire da De la Rue (inglese), Draper e Rutherfurd (americani), Wolf, Rayet, i fratelli Henry (francesi), si pensò che essa avrebbe potuto servire a ritrarre l'imagine del cielo, quale lo si vedeva in sul finire del secolo decimonono e principiar del ventesimo, ed ottenere così una *carta fotografica del cielo*. Diede principio all'attuazione parziale di una così geniale idea Sir David Gill, inglese, astronomo reale alla Città del Capo nel 1885, ed in meno di cinque anni il cielo fu fotografato, in duplicato dal parallelo celeste di 19° di latitudine sud fino al polo. La misura di quelle fotografie, e la preparazione di un catalogo di stelle fondato su di esse, furono generosamente intrapresi dal prof. Kapteyn, direttore del laboratorio astronomico dell'Università di Groninga (Olanda). Nel 1900 apparve l'ultimo volume di questo stupendo lavoro che inchiude 454.875 stelle, quasi fino alla decima grandezza, e le loro posizioni sono date coll'approssimazione di un minuto secondo di

arco. Il titolo di quest'opera imponente è *Cape Photographic Durchmusterung* (Rassegna fotografica del Capo). *Durchmusterung* (parola tedesca che vale *rassegna, rivista*) è molto usata in astronomia per designare un catalogo: essa fu resa popolare fra gli astronomi da un grandioso lavoro di Argelander, allievo di Bessel, che negli anni 1859-1862 pubblicò un catalogo racchiudente 324.198 stelle visibili dell'emisfero settentrionale, le cui posizioni furono determinate visualmente: analoga a questa, per l'emisfero sud, è l'*Uranometria Argentina* di Gould. Il successo del lavoro di Sir David Gill e del professore Kapteyn contribuì enormemente all'adozione del progetto di una carta fotografica del cielo: ma vi concorse pure un'altra circostanza. I fratelli Henry, astronomi all'osservatorio di Parigi, stavano attendendo alla continuazione di una carta celeste con osservazioni visuali, iniziata da Chacornac, rappresentante la zona zodiacale, per la ricerca dei piccoli pianeti, incontrando non poche difficoltà: queste li indussero a costruirsi, abili meccanici quali erano, un istrumento che loro permettesse di sostituire la lastra fotografica all'occhio, nell'intrapreso lavoro: i loro tentativi furono coronati da pieno successo. Tutte queste propizie circostanze indussero l'ammiraglio Mouchez, francese, direttore dell'osservatorio di Parigi, e Sir David Gill ad accordarsi per l'attuazione della progettata carta fotografica del cielo. A preparare questa opera di eccezionale importanza furono indetti e si radunarono in Parigi tre congressi di astronomi delegati di tutte le nazioni civili negli anni 1877, 1889, 1891. In questo ultimo anno si deliberò di addivenire nel modo più completo possibile alla fotografia di tutto il cielo stellato. Diciotto osservatorii di diversi paesi, situati nei due emisferi ed a varie latitudini, si assunsero l'incarico di concorrere alla grandiosa impresa ed a ciascuno di essi venne affidato il rilievo di una zona celeste. Per l'Italia s'assunsero quella incombenza gravosa, la Specula Vaticana, in allora diretta dal P. Francesco Denza barnabita, ed oggi dal P. Hagen S. J., e l'osservatorio di Catania, allora come in oggi sotto la sapiente attivissima direzione del prof. Riccò. La carta celeste che

risulterà dalla cooperazione dei vari osservatorii consterà di 2000 fogli: essa rappresenterà fedelmente le posizioni e la grandezza di tutte le stelle del cielo fino alla XIV^{ma} grandezza, il numero delle quali toccherà sicuramente i 25 milioni. Per maggior sicurezza nell'identificazione di ciascuna stella si stabilì di eseguire una doppia serie di negative, cosicchè ognuno dei 18 osservatorii in media dovrà eseguire 1225 fotografie, ognuna con una posa di 40 minuti. La pubblicazione dei risultati del rilievo fotografico del cielo è incominciata, e non sarà certo ultimata che fra dieci o quindici anni. Con vero compiacimento avvertiamo che fra gli' osservatorii più zelanti è a segnalarsi il nostro di Catania, diretto dal prof. Riccò.

42. — I moti proprii delle stelle e del Sole.

Il confronto fra i cataloghi moderni e quello di Tolomeo, rivelò un fatto che contraddice ad un'opinione saldissima di tutta l'antichità, del medio evo e dell'evo moderno fino ad Halley: il fatto che le stelle dette *fisse* sono invece *mobili*, e cambiano di posizione le une rispetto alle altre. Giordano Bruno fu il primo a scorgere coll'immaginazione divinatrice le stelle in moto. Dopo di lui, in un'opera intitolata *Oculus Enoch et Eliae*, pubblicata dal P. Schyrlaus nel 1645, si trova scritto: « Le stelle potrebbero avere dei loro movimenti proprii, che la enormità della loro distanza ci impedirebbe di constatare ». Ad occhio nudo questi *moti proprii* delle stelle sono assolutamente inavvertibili, e se un astronomo caldeo ritornasse fra i vivi a contemplare il cielo, come soleva due o tre mila anni or sono nelle pianure della Mesopotamia, la sua pupilla non vi scorgerebbe alcun mutamento. La distanza delle stelle è così immane che ci nasconde i movimenti di esse: solo le misure più minute ce li svelano: e molti e molti secoli trascorreranno prima che l'occhio disarmato riesca a scoprire qualche variazione nella figura

delle costellazioni. Ma queste variazioni esistono e le stelle mutano loro sito in cielo, come per i primi avvertirono Halley, nel 1718, e Giacomo Cassini e poi Tobia Mayer e Maskelyne. Il primo catalogo di stelle con moti proprii pronunziati è dovuto ad Argelander (*Aboer Katalog* da Abo ove egli osservava), ed un altro più esteso ancora è dovuto a Mädler, ed è contenuto nella revisione del celebre catalogo di Bradley e più ancora nell'accuratissima revisione che di esso fece Auwers, con lavoro di diligenza e profonda sagacia. Fra i più recenti rammenteremo quelli di Bossert, Küstner e Perter. Spesso però, nei cataloghi stellari dei quali sopra fu discorso, sono indicati anche i moti proprii di ciascuna stella (se determinati) in ascensione retta e declinazione, e quello risultante lungo un gran cerchio della sfera celeste e la posizione di esso in cielo. Finora sono noti pochissimi moti stellari lungo la visuale.

Tutti i precedenti lavori avevano per iscopo di determinare i moti proprii delle stelle, quali potevano risultare dai loro spostamenti sulla sfera celeste, cioè normalmente alla visuale, ossia alla direzione della retta che nell'istante dell'osservazione congiunge l'occhio col punto della sfera celeste nel quale noi vediamo la stella. La scoperta del principio Doppler-Fizeau del quale tenemmo parola a suo luogo, ha dato mezzo di constatare i movimenti delle singole stelle lungo la visuale, vale a dire di verificare se una data stella s'avvicini o si allontani dal sistema solare. Le prime ricerche su questo argomento, adombrato in certi studi dell'americano Draper, furono istituite nel 1868 dall'inglese William Huggins, seguìto a breve intervallo (1871) da Vogel a Bothcamp: entrambi divennero poi autorità riverite in questo ramo della astrofisica non solo, ma in tutti quelli di questa novissima scienza: e Vogel rese celebre per le sue ricerche stellari l'osservatorio di Potsdam, fondato nell'ultimo quarto del secolo decimonono. Oggi, per opera di questi due insigni scienziati e di altri, si può giungere a qualche cognizione attendibile sul movimento di ogni singola stella nello spazio: combinando, come la meccanica insegna, il moto normale alla visuale col moto

lungo questa. Le determinazioni dei moti proprii stellari, specie di quelli lungo la visuale, sono difficilissime, soggette tuttodì a non poche nè insignificanti incertezze; quindi i numeri che ne sono il frutto vogliono essere ritenuti, non come esprimenti una grandezza concreta esatta, ma la natura di un fatto noto qualitativamente, non però quantitativamente, con precisione, ma in oggi solamente con una certa approssimazione. Così oggi si sa che vi sono stelle (ad es. quella designata coll'espressione: *1830 Groombridge*, *Arturo* e poche altre) che camminano nello spazio, con velocità per noi inconcepibili di 300 a 400 chilometri al minuto secondo: mentre la velocità media delle stelle è inferiore ai 50 chilometri al minuto secondo: e fra le poche stelle esaminate sotto questo rispetto, non poche, si sottrassero o per la distanza, o per la tenuità del loro moto, ad ogni tentativo di misura. Ma sicuramente anche queste stelle sono in movimento, poichè, dato l'universo quale è costituito da innumerevoli corpi attraenti, lo stato di riposo assoluto è impossibile. Date tutte le stelle in movimento, è evidente che la loro disposizione e distribuzione reciproca e nello spazio debbano mutar di continuo: solo la lontananza grandissima delle stelle può far perdurare in noi, attraverso ai deboli nostri sensi, l'illusione dell'immutabilità dei cieli. Ma da un'altra illusione deve ancora liberarsi chi contempla il cielo: ed è quella di credere che il cielo, quale ci appare in un dato istante, sia tale quale realmente esiste: e come succede a noi, così avveniva ai primi uomini che rivolsero lo sguardo al firmamento. Essi lo vedevano non come era mentre lo contemplavano, ma bensì quale era in tempi diversissimi anteriori a quel momento. Poichè lo sguardo che noi rivolgiamo al cielo non ci manifesta nè lo stato attuale, nè quello in un'ora medesima, sia pure da molto trascorsa, ma ci rivela per ogni singolo astro condizioni che non sono quelle in cui ciascuno si trova nel momento presente, ma corrispondenti ad epoche ben diverse. Perchè? La risposta ci è data dalla velocità della luce. La luce si propaga colla velocità di trecentomila chilometi al minuto secondo:

di guisa che la vampa dello sparo di un cannone sarà veduta a trecentomila chilometri di distanza un minuto secondo dopo la sua accensione, a seicento mila chilometri dopo due minuti secondi, e così via. Al rovescio: una luce che colpisce il nostro occhio, vi penetra tanti minuti secondi dopo che si è originata, quante volte trecentomila chilometri sono contenuti nella distanza che separa da noi quella sorgente luminosa. Ne segue che ogni raggio di stella che ferisce la nostra pupilla, agisce sul nostro apparato visivo tanti minuti secondi dopo essersi staccata dall'astro, quante volte trecentomila chilometri capiscono nella distanza che intercede fra noi e la stella. Ora, siccome le varie stelle stanno a distanze da noi differentissime, così accade che i raggi che in un dato istante ci fanno manifesta la presenza degli astri, si sono dipartiti ciascuno dal proprio in momenti separati da ragguardevoli intervalli di tempo. Ogni astro dice col proprio lume l'istoria sua ad una data epoca: e sul firmamento noi leggiamo non un'istoria a noi contemporanea, nè simultanea per tutte le stelle; ma per ogni astro l'istoria più o meno antica, di un periodo, di una fase della sua vita cosmica, per ciascuno di essi diversa. Mentre noi guardiamo una stella, essa è già lontanissima dal sito ove noi la scorgiamo. Da ciò derivano alcune conseguenze che discorrendo di astronomia giova non mai scordare. Le posizioni, le distanze delle stelle corrispondono al momento pel quale son date, non al loro sito reale nello spazio, ma a quello nel quale erano viste dall'astronomo mentre eseguiva le misure che gli fornirono quei dati. Così la carta celeste fotografica rappresenterà il cielo quale l'uomo lo vedeva al principiar del secolo ventesimo: non quale esso *era in realtà:* l'astronomia non può fare altro che tener conto di ciò.

Il nostro Sole non è che la stella a noi più vicina, e come tutte le altre stelle è animato anch'esso da un moto di traslazione nello spazio, seguìto da tutti i componenti del sistema solare. Il primo astronomo che abbia espresso l'idea di un movimento del sistema solare attraverso lo spazio fu Lambert (*Cosmologische Briefe* - Lettere cosmologiche, 1761). Egli comprendeva

benissimo che i moti proprii stellari osservati risultano dalla composizione del moto peculiare di ciascuna stella con quello del Sole. Il primo tentativo di determinare la direzione del movimento di traslazione del Sole fu fatto da Prevost nel 1781. Ma il moto del Sole attraverso lo spazio non s'introdusse generalmente nella scienza che col grande lavoro del primo Herschel apparso nel 1785. Dopo quell'epoca molti astronomi s'occuparono di determinare la direzione di tal movimento, seguendo essenzialmente tre metodi: quello di Herschel, di Airy, e di Bessel; e come risultato dei loro calcoli ottennero la declinazione e l'ascensione retta del punto celeste verso il quale sembra dirigersi il Sole, punto che è detto l'*apex* del moto di traslazione del Sole. I numeri che si ebbero non sono troppo concordanti fra loro, meno ancora lo sono quelli che intendono rappresentare la velocità di quel moto: l'estrema complicazione di questa ricerca, i pochi dati a tutt'oggi utilizzabili rendono ampiamente ragione di quel disaccordo. Gli ultimi lavori però (Kobold, Newcomb, Boss, Stumpe, Campbell, ed altri) fanno presumere che il Sole si diriga verso un punto della costellazione della *Lira* vicino alla stella *Wega*, che è di prima grandezza ed è la più lucida di quella costellazione, con una velocità che potrebbe anche essere di circa 20 chilometri al minuto secondo. In grazia di questo moto di traslazione del sistema solare, le curve descritte dai pianeti nello spazio cosmico sono assai complicate, e tali che un pianeta mai passò due volte per la medesima plaga dello spazio e quasi sicuramente mai vi ripasserà.

I moti delle stelle e del Sole sembrano per ora farsi in linea retta; ma è troppo breve il tempo durante il quale essi vennero studiati, specialmente in cospetto della grandiosità di essi, perchè sia lecito l'asserire che ciò è realmente. Lambert aveva concepito i movimenti stellari come svolgentisi attorno ad un altro sistema, e cioè voleva che i movimenti celesti fossero la conseguenza di movimenti di sistemi attorno ad altri. Mädler aveva creduto di poter affermare che i moti proprii stellari avvengono intorno alla stella *Alcione*, che è la più lucida della costellazione delle

Pleiadi o *Gallinelle*. I lavori degli astronomi che vennero dopo Lambert e Mädler, non confermarono le vedute di questi due. Negli ultimi anni si è però da taluni — Kapteyn, Eddington e Dyson — notato come dallo studio dei moti proprii di molte stelle sembri manifestarsi l'esistenza di due grandi correnti stellari: cioè l'esistenza di un certo numero di stelle che si muovono concordemente in due date e differenti direzioni: ad una di queste grandi correnti apparterrebbe il Sole. Discorrendo delle comete, già vedemmo come Schiaparelli volesse che le comete inizialmente costituissero una terza corrente cosmica, della quale non si conosce oggi che una sola stella, il Sole: od in altre parole, che il Sole sia nel suo cammino attraverso allo spazio accompagnato da innumerevoli piccole masse procedenti con lui di conserva, e che in date condizioni diventano a noi visibili quali comete. Circa le correnti di Kapteyn, Poincaré si domanda: « Les deux courants de Kapteyn existent ils et y en-a-t-il d'autres? » (*Leçons sur les hypothèses cosmogoniques*, p. XXIV). Ricerche recentissime istituite in America dal prof. Boss, pare conducano a risultati parzialmente contraddicenti l'esistenza di quelle correnti. Si sono scoperti sistemi, quali le *Pleiadi*, le *Iadi* (escluso *Aldebaran*, la più lucida di esse), alcune stelle della *Grande Orsa*, le cui componenti sembrano animate da un moto comune. Ma questi studi sono nati pur ora, ed all'avvenire spetta il decidere sulle difficili questioni che ne formano l'oggetto.

43. — **Distribuzione delle stelle. Coacervazioni stellari nebulose. Struttura dell'universo stellato.**

Gli astronomi nel determinare la posizione delle stelle furono naturalmente condotti a numerarle, a contarle: la potenza dei cannocchiali, ognor crescente, venne man mano aumentando il numero delle stelle visibili: numero che, secondo Newcomb, sale oggi a

parecchi milioni. Il primo Herschel imaginò per studiare la distribuzione delle stelle il metodo detto degli scandagli celesti, e questo fu adoperato anche in Italia dal senatore Giovanni Celoria, l'illustre successore di Schiaparelli nella direzione dell'osservatorio di Brera in Milano. Or fa un secolo e più Herschel, dopo un prodigioso lavoro per scandagliare il cielo, era giunto alla conclusione che il nostro universo aveva la forma di un sottile, ma estesissimo strato di stelle, una specie di gigantesca pietra da mulino, avente non molto lontano dal suo centro il nostro sistema solare; e queste idee erano divise da Struve. In simile ammasso le stelle sono più o meno fittamente disseminate, e la loro densità nelle varie plaghe celesti fu oggetto dei lavori di Gould, Proctor, Houzeau, Littrow, Schiaparelli, Newcomb ed altri.

Fra i luoghi celesti ove le stelle sono più fitte, sta quella fascia di una luminosità argentea che nelle notti serene vediamo attraversare il cielo da un lembo all'altro dell'orizzonte, detta *La Via Lattea*. Nell'*Astronomicon* di Manilio leggesi una descrizione di quella porzione della Via Lattea visibile dall'Europa: per molto tempo si credette che la Via Lattea fosse un fenomeno meteorico avente sede nella nostra atmosfera, e così la pensava Aristotele; ma questa supposizione fu abilmente confutata da Averroès, il quale dimostrò che la Via Lattea appartiene alle regioni celesti, anzichè alle terrestri. Altri filosofi dell'antichità ritenevano che la Via Lattea fosse composta di stelle piccolissime: così la pensarono Anassagora, Democrito, Manilio, Tolomeo: e Dante si mostrò caldo fautore di quell'opinione: Galileo poi, col suo cannocchiale, dimostrò che essa era conforme alla realtà. I lavori di Guglielmo Herschel hanno confermato in un certo senso questo modo di vedere: egli trovò certe chiazze di quella fascia costituite quasi da un pulviscolo di stelle. In uno spazio della Via Lattea di 15° per 2° il suo telescopio gli rivelò il numero enorme di 50.000 stelle: Herschel mostrò che essa si compone di strati, e fece conoscere gli oggetti di varia natura che vi si scorgono, e che ne fanno un vero aggregato, molto irregolare nella sua struttura, di

nebulosità stellate, di gruppi, di nodi. Tutti i fatti accertati di poi s'accordano con questo modo di vedere, al quale Proctor aggiunse degli argomenti favorevoli all'opinione, adottata poi da Barnard ed Easton, che le stelle che formano la fascia della *Galassia* (Via Lattea), sono non solo situate fra loro più vicine, ma sono anche effettivamente come apparentemente di dimensioni minori di quelle che fuori di esse brillano sul rimanente del cielo. La miglior rappresentazione che oggi si possegga della Via Lattea, è quella pubblicata nell'ultimo decennio del secolo decimonono dal dottore Otto Boediker, astronomo di Lord Rosse a Parsonstown. La Via Lattea è stata poi riprodotta fotograficamente da Russel e Barnard, fra altri; e queste fotografie hanno rivelato, come quelle del dott. Wolf, particolarità e dettagli di grande importanza per la storia dei cieli.

Sonvi poi in cielo ristretti campi nei quali le stelle si scorgono più addensate che altrove, senza che giungano però ad assumere quell'apparenza di luminosità ininterrotta che è propria della Galassia: questi campi costituiscono ciò che gli astronomi chiamano *ammassi* o, più italianamente, *coacervazioni stellari*. Fra questi il più famoso è il gruppo delle *Pleiadi (Le Gallinelle* o *La Chioccia*), situato nella costellazione del *Toro*. Esso è famoso mitologicamente ed importantissimo astronomicamente: vi si vedono sei stelle, ma una tradizione che si ritrova presso moltissimi e lontani popoli vuole che altra volta se ne vedessero sette: ciò forse può provenire dal fatto dell'indebolimento della luce della settima, che secondo Pickering potrebbe essere quella che è detta *Pleione*. In realtà nel gruppo delle Pleiadi si contano ben più di sette stelle, e prima ancora dell'invenzione del cannocchiale, Moestlin, il tutore di Keplero, ne vide quattordici e ne disegnò undici. Carrington e Denning ne videro quattordici pure ad occhio nudo, e miss Airy dodici. Kazwini nel decimoterzo secolo vi vedeva sei stelle lucide frammiste a molte offuscate. Nell'autunno del 1887 i fratelli Henry all'osservatorio di Parigi, ottennero, mediante un'esposizione di quattro ore della lastra fotografica, un'imagine delle *Pleiadi*, nella quale com-

parivano ben 2326 stelle. Guglielmo Tempel, di professione incisore, astronomo di elezione, nel 1859 (19 ottobre) scoprì una nebulosa nelle Pleiadi, altre ne scoprirono Burnham, Keeler; Barnard e Wolf pure fotografarono le Pleiadi: Roberts, Huggins ed altri fotografarono ed analizzarono spettroscopicamente pure le Pleiadi ed altre coacervazioni stellari. Tolomeo menziona parecchie coacervazioni stellari, che egli designa col nome di stelle nebulose. Arato nel terzo secolo prima di G. C. fa cenno dell'ammasso nebuloso della costellazione del *Cancro* che è chiamato *Presepio*. Al-Soufi, persiano, parla della nebulosa della costellazione d'*Andromeda*, e Ulugh Begh dell'ammasso di *Perseo*, Simone Marius (Mayer) (1570-1624) vedeva pure la nebulosa d'*Andromeda*: a lui si deve di aver richiamato su cotali oggetti celesti l'attenzione degli astronomi; egli applicò anche ad essi la spiegazione che fossero dovuti all'accumulazione di piccole stelle. Giacomo Cassini sostenne però, ed a ragione, che esistono delle macchie nebulose che non si possono risolvere in stelle, e che perciò sono dette irresolubili; e così pensava Lacaille nel 1755; e Mairan, nell'epoca medesima, diceva che quelle nubi luminose erano analoghe a materie aeriformi, applicando loro l'appellativo di atmosfere di stelle. Messier nel 1771 stabilì nettamente la distinzione fra le coacervazioni e le nebulose propriamente dette o nebulose senza stelle: che fu poi definitivamente consacrata da Guglielmo Herschel nel 1786.

Gli studi di Herschel sulle forme delle nebulose, che egli scoprì in numero grandissimo col suo grande cannocchiale, servirono di base alle speculazioni cosmogoniche di Laplace. Col crescere della potenza ottica dei cannocchiali, molte nebulose ritenute irresolubili, furono invece risolte in stelle: ciò fece sospettare che tutte le nebulose potessero essere veri ammassi stellari, ma Giovanni Herschel, figlio di Guglielmo ed insigne astronomo egli pure, pensava invece (1833) che la luce delle macchie biancastre che si scorgono sul fondo nero del cielo si manifesti sotto due aspetti diversi, l'uno rivelante la presenza di elementi discreti e disgiunti, e l'altro di masse continue. L'analisi spet-

trale ha confermato queste vedute. Una delle più grandi e splendide nebulose è quella situata nella costellazione di *Orione*, e che fu per la prima volta descritta da Huygens nel suo *Systema Saturnium*: in essa si vedono parecchie stelle, quattro delle quali costituiscono una configurazione che è detta il *trapezio di Orione*: Huggins scoprì spettroscopicamente nel 1866 che la nebulosa di Orione è realmente una immane massa gassosa: e ciò fu ben tosto di poi constatato per le nebulose propriamente dette, cioè fino ad oggi irresolubili. Lo spettro della nebulosa d'Andromeda presentò caratteri singolari, non corrispondenti a quelli di alcuna sostanza terrestre, e che indussero Huggins a supporre in quella nebulosa l'esistenza di una sostanza ignota sulla Terra, e che egli chiamò *nebulum*.

Oltre il fatto generale, che la luce di una nebulosa non proviene da materia solida, ma da materia in forma gassosa od altrimenti esilissima, nulla sappiamo di certo sulla costituzione fisica di quegli oggetti: così nulla sappiamo della loro distanza da noi, se non che essa deve essere dell'ordine di grandezza di quella delle stelle. Le nebulose presentano le più svariate forme, anulari, globulari, a spirale, a manubrio, ed hanno dimensioni le migliaia di volte superiori a quelle dell'orbita terrestre. Sir Norman Lockyer ha proposto la seguente ipotesi sulla costituzione delle nebulose, che, secondo lui, renderebbe ragione di molti fatti che vi si osservano. Secondo Lockyer le nebulose sarebbero vaste agglomerazioni di meteoriti, in moto rapidissimo gli uni rispetto agli altri ed incessantemente cozzanti fra loro, e che, animati come sono da velocità grandissime, producono negli urti luce e calore. L'origine di quest'idea è in un tentativo del prof. P. G. Tait di spiegare la coda delle comete, ma fu svolta da Lockyer nel suo libro *The Meteoritic Theory* (La teoria meteorica): però a questa teoria si oppongono difficoltà insuperabili. Molti astronomi (Keeler, Barnard, W. H. Pickering, Wolf) hanno su larga scala applicato la fotografia alla ricerca delle nebulose ed il numero di quelle note è oggi grandissimo: di molte si hanno le posizioni registrate in appositi cataloghi. Finora non si riuscì a scoprire alcuna specie di moto proprio nelle nebulose.

Crediamo non inutil cosa il far menzione di due oggetti celesti che hanno anche nella storia della geografia una ragguardevole importanza. Questi oggetti celesti sono le *Nubi di Magellano*, in latino *Nubeculæ Magellani*, distinte in *Nube maggiore* e *Nube minore*. Di esse parla Amerigo Vespucci nella sua relazione di viaggio del 1501: egli le chiama *canopi chiari*. Esse furono anche dette *nubi del Capo* (di Buona Speranza) dai primi navigatori dell'emisfero sud, e poi *nubi di Magellano*, in onore del viaggio intorno al mondo da quegli compiuto: vennero poi per la prima volta descritte scientificamente dall'astronomo francese Lacaille, che osservava al Capo di Buona Speranza. La prima menzione di queste *nubi del Capo* la troviamo negli scritti dell'astronomo arabo Abd al Rhaman al Soufi (Humboldt); essa è anche menzionata da Pietro Martire d'Anghiera (1455-1526) e da Corsali (navigatore italiano del principio del secolo XVI). Ad occhio nudo quegli oggetti si direbbero frammenti della Via Lattea, batuffoli staccati da una massa di cotone; osservati al telescopio essi si mostrano composti da nebulose, ammassi stellari, e da stelle discrete e separate. John Herschel, nel 1837, osservando al Capo di Buona Speranza, trova nella Maggiore 582 stelle, 291 nebulose e 46 ammassi stellari. Le nubi di Magellano furono fotografate da Russel a Sidney (Australia) e poi all'Osservatorio dell'Harward College ad Arequipa nel Perù. Quelle fotografie attestano che dette *nubi* sono di costituzione assai più ricca e complicata di quella vista da Herschel attraverso al suo gigantesco telescopio. Ecco quanto scrive Meyer nel suo *Universo stellato* (1): « La fantasia più sbrigliata fallirebbe nel tentativo di scoprire una qualsiasi forma in quella inestricabile confusione di mondi, fra i quali si presentano tutti gli stadii dell'evoluzione; tuttavia un cosifatto aggruppamento di centinaia di migliaia di corpi celesti, quali risultano dalla numerazione di tutti gli ammassi stellari della *grande nube del Capo*,

(1) Zanotti Bianco Ottavio, *Astrologia e Astronomia*, Torino, Bocca, 1905, p. 151.

non può essere fortuito; un vincolo comune deve legarli, e se noi potessimo allargare sufficientemente le nostre cognizioni, vi si dovrebbero scoprire dei tratti comuni ».

Lo spazio attorno alle *nubi del Capo* è quasi assolutamente privo di stelle, così che i primi navigatori inglesi che lo avvertirono, lo chiamarono *sacco di carbone o di fuliggine*. Vespucci lo chiamò *canopo fosco*. Herschel ha dato una lista di 49 regioni celesti poverissime di stelle visibili ad occhio nudo, abbreviata da Espin nel libro di WEBB, *Celestial Objects*.

44. — Stelle doppie, multiple, colorate, variabili, nuove.

La prima stella composta di due elementi visibili ad occhio nudo, della quale si abbia notizia, è quella detta ν (Ni) della costellazione del *Sagittario*, ed è menzionata da Tolomeo: i due elementi lucidi di questa stella distano fra loro di 14′: altre stelle di tal fatta, oggi dette *larghe stelle doppie*, sono ricordate in autori antichi. È curioso rammentare che gli astronomi del secolo XVII solevano saggiare la potenza della loro vista nello *sdoppiare* quelle stelle; come più tardi *le stelle doppie ristrette* furono, e sono anche oggi, scelte quale prova della bontà di un cannocchiale. La prima stella doppia, riconosciuta come tale col telescopio, è quella detta *Mizar*, il cavallo di mezzo della costellazione del *Gran Carro* od *Orsa Maggiore*, un'altra è quella detta *Gamma* della costellazione dell'*Ariete*: in essa s'imbattè Hooke, seguendola poi col suo cannocchiale, nel 1664, osservando la cometa di quell'anno: egli riguardò quell'astro come un'eccezione: oggi sappiamo che le stelle doppie sono numerosissime. Il P. Secchi, studiando il numero delle stelle doppie fisicamente, giunse alla seguente testuale conclusione: *almeno una terza parte delle stelle visibili in cielo sono congiunte fra loro con fisico legame, e forse non sarebbe esagerato il dire una metà*. Dopo Hooke, scoprirono altre stelle doppie:

Cassini, Bianchini, La Condamine, Messier: ma si è a Carlo Mayer che è dovuto il primo studio serio (1778) sulle stelle composte di più di un elemento e dette perciò *multiple*. Pigott e Guglielmo Herschel s'occuparono molto di stelle multiple, ed al riguardo è assai istruttiva l'*Istoria delle stelle doppie* (1874) di W. Meyer. Il grandissimo numero di stelle doppie che W. Herschel scoprì, lo condusse a pensare che la massima parte di esse non sembravano tali unicamente per effetto ottico, dovuto alla loro posizione in cielo, quale appare all'osservatore terrestre; ma per effetto di un vero legame fisico: le stelle doppie vennero così a distinguersi in *ottiche* e *fisiche*. Le doppie ottiche conservano invariata la loro reciproca posizione; Herschel constatò, con misure ripetute ad un intervallo di venti anni, che quelle fisiche la mutano: così già pensavano prima di Herschel, Michell in Inghilterra e C. Mayer in Germania. Guglielmo Struve, insigne astronomo (1793-1864), attese in Dorpat a molte misurazioni di stelle doppie, e le sue misure furono continuate da Mädler (1794-1874), suo successore a Dorpat, da Dawes (1799-1868) in Inghilterra, da Dembowski (1811-1881) a Gallarate presso Milano, da Düner, Engelmann, Schiaparelli a Milano, da Perrotin a Nizza, da Halla a Washington, da Glasenapp, Stone, Leavenworth, Seebroke, Hussey, Hough, Aitken. Primeggia fra tutti in questo campo l'americano S. W. Burnham, che pur esercitando l'avvocatura a Chicago (forse il solo avvocato che fino ad oggi abbia coltivato l'astronomia), compiè sulle stelle doppie un lavoro monumentale. Savary nel 1827, Encke nel 1830 e J. Herschel nel 1832, diedero metodi per determinare l'orbita dei componenti una stella doppia, nella supposizione plausibile e finora non contraddetta, che anche in quelle remotissime regioni celesti imperi la legge della gravitazione universale che governa i movimenti nel sistema solare. Ricordiamo specialmente il caso di *Sirio*, la stella più lucente del firmamento e la più lucida della costellazione del *Gran Cane*. Sirio è una stella doppia fisica, come la *Stella Polare*: già Peters ed Auwers avevano istituito calcoli sulla supposizione emessa da Bessel nel 1844, che Sirio avesse un compagno: la posizione precisa di

esso fu poi assegnata da Safford nel 1861. Queste deduzioni teoriche furono ben presto confermate dalla osservazione. La sera del 31 gennaio 1862 a Cambridgeport (Stati Uniti dell'America del Nord) il celebre costruttore di lenti Halvan Clark stava col figlio provando un grande cannocchiale destinato all'osservatorio di Chicago, ed il figlio guardava con esso *Sirio*, e ad un tratto esclamò: « Guarda, padre, la stella ha un compagno! » Il padre verificò l'affermazione del figlio e trovò il satellite di Sirio nella posizione predetta per quell'epoca dalla teoria, della quale i Clark erano affatto ignari.

Le stelle doppie delle quali siamo venuti fin qui discorrendo sono state scoperte a mezzo della visione diretta attraverso ai cannocchiali; ma la spettroscopia valse a constatare che molte stelle sono doppie, anche se tali non appaiono attraverso ai cannocchiali, e che il compagno della stella lucente, che noi vediamo sola, è oscuro e perciò invisibile: ebbe così origine quella che taluni chiamano *astronomia dell'invisibile*. L'inizio di questa risale al 1873, epoca nella quale Vogel istituì le prime osservazioni sul moto delle stelle lungo la visuale, esaminando le interessantissime variazioni di splendore presentate dalla stella *Algol* della costellazione di Perseo. Risultò da quelle indagini che Algol ha un compagno oscuro, poco da sè diverso in volume e probabilmente anche in massa. Queste circostanze furono confermate dalle osservazioni di Vogel e Scheiner nel 1888 e 1891: e d'allora in poi furono dette stelle del tipo di Algol, le stelle che presentavano variazioni di splendore e caratteristiche spettrali analoghe a quelle di Algol. Quasi nel tempo medesimo in cui si riconosceva spettroscopicamente la duplicità di Algol, all'osservatorio di Harward College si istituivano per impulso di Pickering rilievi fotografici degli spettri di molte stelle. La disamina di queste fotografie condusse alla scoperta di una classe di stelle doppie eccezionalmente strette, il cui spettro si distingue perchè talvolta le sue linee si sdoppiano; in queste le due stelle componenti sono luminose. Questi corpi celesti, al pari delle stelle del tipo di Algol, sono dette *spettroscopicamente doppie*. In questa

linea di studi sono da menzionarsi i lavori di Campbell all'osservatorio di Lick, e quelli di Frost all'osservatorio Yerkes: ed oggidì si posseggono già elenchi di stelle doppie spettroscopicamente.

Nel corso di questa esposizione abbiamo avuto occasione di menzionare una stella temporanea o nuova, apparsa ai tempi d'Ipparco; la *Pellegrina* che brillò ai tempi di Tycho Brahe, e poc'anzi Algol che varia di splendore in breve tempo. Ora in cielo si scorgono stelle le cui luci sono soggette a fluttuazioni periodiche più o meno lunghe, regolari ed irregolari. Pickering nel 1881 stabilì una netta classificazione di queste stelle dette genericamente variabili. Non possiamo qui entrare in molti particolari circa questa specie di corpi celesti, a spiegare le apparenze dei quali furono proposte diverse supposizioni. Riccioli aveva emesso l'idea che le stelle siano, il che è assai probabile, animate da un moto di rotazione sopra sè stesse, e che durante quello ci mostrino porzioni della loro superficie o diversamente splendenti o più o meno invase da macchie: Boulliau nel 1667 si servì di quel concetto per rendersi ragione della variazione di splendore di certe stelle. G. D. Cassini avendo nel 1692 avvertito l'irregolarità nei periodi di variazione della stella *Omicron* della costellazione della *Balena* (detta in latino e spesso in astronomia *Mira Cœti*, la mirabile della Balena), suppose a chiarirla che l'asse di rotazione di essa stella subisse uno spostamento. Oggidì a spiegare le apparenze presentate dalle stelle del tipo di Mira si pensa possa valere un paragone colle macchie del nostro Sole. Lockyer pose innanzi una supposizione che vorrebbe quelle stelle costituite non da un singolo corpo, ma da numerosi sciami di meteoriti moventisi eccentricamente l'uno intorno all'altro; nei quali molti corpuscoli potrebbero periodicamente venir portati a cozzare con produzione di luce e calore, e conseguente accrescimento e indebolimento di luce. Queste idee di Lockyer trovarono pochi fautori. Maupertuis, il cui nome già registrammo con onore trattando della grandezza della Terra, sperava di render ragione di tutte le circostanze relative alle stelle variabili immaginandole foggiate a guisa di globi molto schiacciati, ruotanti intorno ad

un asse non coincidente con quello di rotazione. Arago nel 1842 ha demolito la teoria proposta da von Hahn nel 1798, secondo la quale le variazioni di lume delle variabili provengono da cambiamenti di distanza di quegli astri dal Sole. Zöllner, Klinkerfues, hanno nelle variabili ravvisato corpi in parte raffreddati ed oscuri, in parte ancora lucenti; oppure astri soggetti o per causa di marea o altro ad eruzioni periodiche di masse incandescenti: altri con Myers, corpi di una figura specialissima coincidenti con quella che Poincaré dimostrò essere possibile figura di una massa fluida rotante, ma che Liapounoff fece vedere non essere stabile. Gli astronomi pensarono che le fluttuazioni luminose di talune stelle fossero dovute ad eclissi prodotte da corpi oscuri circolanti attorno ad esse, e che per essere parziali o totali servirebbero a spiegare le varie apparenze presentate da quelle, e Lalande ne fa cenno nella seconda edizione della sua *Astronomia* (1792). Pickering la riprese e la svolse nel 1881, limitandola però ad una categoria particolare di stelle variabili. Lo studio di queste fu fatto anche fotograficamente da Pickering, dalla sig.a Fleming e da altri. L'americano See nel suo libro citato a pagina 187 propone, a spiegare la variabilità di talune stelle, una teoria nella quale ha una parte preponderante il mezzo resistente attraverso al quale si muoverebbero quegli astri. L'americano Chandler, quel medesimo valoroso astronomo che s'occupò con tanto successo della variazione delle latitudini terrestri, attese ad un catalogo di stelle variabili, che stanno completando Düner, Muller ed Hartwig. Il padre Hagen, astronomo e matematico egregio, ha pubblicato un atlante di stelle variabili, di grande utilità a quanti s'occupano di queste interessantissime indagini. Cataloghi importantissimi di stelle variabili furono pubblicati dall'osservatorio americano di Harward College: ed Espin si è occupato della distribuzione di esse. Ma è lecito pensare che se l'armamentario astronomico odierno fosse abbastanza potente, forse nessuna stella si mostrerebbe di lume assolutamente invariato. Parlo qui di variazioni reali, non di quelle che sono conseguenza dello stato fisico e di moto dell'atmosfera

terrestre, che i raggi luminosi provenienti dalle stelle debbono attraversare prima di giungere al nostro occhio: conseguenze che si esplicano in quel fenomeno a tutti ben noto e che chiamasi, come già si disse, *scintillazione degli astri*. Varie teorie furono proposte per ispiegare la scintillazione; una delle più accreditate è quella dell'astronomo prof. Respighi, che fu direttore dell'osservatorio del Campidoglio in Roma già ricordato più sopra trattando appunto della scintillazione degli astri.

Fra le stelle variabili sono particolarmente degne di nota quelle che, come quella d'Ipparco, compaiono improvvisamente in cielo, brillano in un breve ciclo di luminosità gradatamente decrescente e poi s'oscurano, così che non se ne ritrova più traccia. Montanari ha il merito di aver attratto su quegli astri straordinari l'attenzione degli astronomi con un lavoro stampato nel 1672. Circa la scomparsa di stelle in cielo Houzeau nel suo *Vademecum de l'Astronome*, scrive il brano che qui traduciamo: « Si sa oggi che non si fa un'ispezione un poco estesa del cielo, che non fornisca esempi di stelle scomparse, indebolite o rinforzate. Sulle 1500 a 2000 stelle delle zone di Bessel comprese in ogni foglio delle carte dell'Accademia di Berlino, 12 non sono state ritrovate da Harding preparando l'ora quindicesima, 10 da Inghirami preparando l'ora diciottesima. In quelle delle zone di Cooper che sono state fatte in doppio, 77 stelle non sono state ritrovate. Ma bisogna avvertire che in certi casi almeno l'assenza di stelle può dipendere da errori nella prima osservazione e nella descrizione e stampa dei numeri ». Certamente innumerevoli stelle sfuggono all'investigazione degli uomini, e le vicende di quelle che scorgiamo non sono certo avvertite tutte; la scomparsa, o meglio l'estinguersi di stelle deve pertanto verificarsi su scala molto più grande di quanto a noi non appaia: lo spazio quindi deve essere popolato di corpi oscuri quanto e forse più che di luminosi. Molte supposizioni furono emesse a spiegare l'apparizione di stelle nuove ed i fenomeni da esse presentati, segnatamente dalle ultime apparse, che poterono essere in parte seguìti colla fotografia ed analizzati colla

spettroscopia. Urti di corpi celesti, passaggio di un corpo oscuro attraverso a masse di materia cosmica od a sciami di meteoriti; accostamenti e rasentamenti di corpi provocanti maree, eruzioni, conflagrazioni furono proposti a spiegare quei varii e complessi fenomeni. I nomi di Lockyer, Huggins, Vogel, Berberich, Seeliger, Plassman, Wilsing, Klinkerfues, Max Wolf, Loschmidt, See, Campbell ed altri, sono quelli di astronomi che si occuparono delle dette teorie e delle apparenze ed apparizioni delle ultime stelle nuove: delle quali parecchie furono primamente avvertite da astronomi non di professione.

Nel linguaggio ordinario si dice che le stelle sono colore dell'oro, in realtà esse sono assai variamente colorate, e ciò già sapeva Arato, e Tolomeo ne nomina cinque rossastre. Le stelle azzurre sono state menzionate per la prima volta da Mariotte nel 1717. Ma anche in questo ramo dell'astronomia stellare si è a Guglielmo Herschel che devesi il massimo avanzamento: egli trovò stelle di tutti i colori elementari dello spettro o, il che torna lo stesso, dell'arcobaleno: fra gli italiani giova rammentare Sestini e sopratutto Angelo Secchi, che compilò anche un catalogo di stelle colorate studiando il colore ne' suoi rapporti collo spettro luminoso. Struve, Herschel e Secchi stesso si sono occupati dei colori delle stelle doppie, e trovarono che in generale la stella principale è giallo d'oro, la minore azzurro di zaffiro. Nei sistemi costituiti dalle stelle multiple si riscontrarono componenti di vari colori.

La stella *Sirio*, « il fior più bello dell'April dei cieli » (Aleardi), è ora bianca azzurrognola: il P. Secchi riteneva che nell'antichità essa fosse stata rossa; opinione che in sul finire del secolo decimonono trovò un ardente sostenitore nell'americano See, che appoggiò il suo asserto a molti passi di autori antichi. Il nostro Schiaparelli, colla sua erudizione straordinaria ed interpretando con mirabile sagacia molti dei brani degli autori stessi addotti da See, ha dimostrato che Sirio (detta talvolta *Canicola*) ha oggi la stessa tinta che aveva già e che sempre ebbe.

Dopo la scoperta delle proprietà dello spettro luminoso dei corpi per merito di Kirchhoff, Donati a

Firenze, nel 1860, fu il primo ad esaminare coi nuovi metodi lo spettro di talune stelle ed a cercare di dedurne notizie sulla loro costituzione, e fu nel 1862 seguìto quasi contemporaneamente da Huggins presso Londra, dal P. Secchi a Roma e da Lewis M. Rutherfurd in New York, e l'opera loro fu proseguita da Miller, Düner, Vogel, Wolf, Rayet, Deslandres, Lockyer, Pickering, dai coniugi Fleming, e da Scheiner.

Il P. Secchi ha il merito grande di avere per il primo eseguita una rassegna spettroscopica del cielo: più di 4000 stelle furono dal P. Secchi esaminate e classificate rispetto alle qualità diverse della loro luce: a lui è dovuta la classificazione delle stelle in quattro tipi ben netti, distinti da speciali caratteristiche dello spettro. Questa classificazione fu poi ritoccata (Vogel, Wolf e Rayet, Lockyer, Mrs. Maury), ma ne' suoi tratti generali risultò confermata dalle scoperte anche più recenti, e non v' ha dubbio che essa corrisponda ad una reale spiccata differenza di costituzione fisica degli astri che costituiscono ciascuna classe. Le cognizioni di fisica che si richiedono per un'esposizione chiara dei risultati della spettroscopia siderale superano di molto quelle elementarissime che si presuppongono nei lettori di questo modesto libretto popolare di coltura generale: noi dobbiamo quindi restringerci a pochi e sommari cenni a quel riguardo.

Per una storia completa di quanto concerne i principii e gli apparecchi di spettroscopia noi rimandiamo i lettori alla *Storia della Fisica* dell'eruditissimo Prof. Rinaldo Pitoni, già ricordata. In quella *Storia* troveranno anche toccati con mano espertissima non pochi punti di contatto fra l'astronomia e la fisica. Siamo in dovere di ringraziare il Pitoni, che, avendo desiderato leggere parte delle prove di stampa di questo libretto, ci favorì di utili suggerimenti.

Lo spettroscopio mostra che, malgrado che la costituzione delle stelle offra una varietà infinita di particolari, generalmente questi corpi sono *soli*, vale a dire analogamente al nostro Sole *irradiano luce e calore*; ossia il nostro Sole non è altro che una stella, di costituzione non molto diversa da quella di tutte le altre: e tutti sono corpi incandescenti a tempera-

tura così alta da irradiare luce e calore. Noi conosciamo discretamente bene le dimensioni e la densità del nostro Sole: ignoriamo assolutamente quelle delle altre stelle; abbiamo qualche vaga nozione sulla massa dei componenti di poche stelle doppie, nulla più. Pare assodato che le stelle siano masse di gas incandescenti, fortemente compressi e molto densi al centro: le stelle vanno raffreddandosi per irradiazione, e subiscono quindi probabilmente le vicende cui va soggetto il nostro Sole, ed il firmamento stellato ci esibisce forse esempi di astri in ogni possibile stadio di loro vita cosmica. Ciò — lo si avverta bene — nella supposizione, ben lungi dall'essere dimostrata, ma plausibile, che ovunque nello spazio e sempre nel tempo la materia ed i fenomeni fisici siano governati dalle così dette leggi naturali: supposizione che forzatamente s'impone allo spirito umano, se non vuolsi rinunziare a qualsiasi conoscenza dell'universo infinito che ci circonda.

Le stelle adunque sono corpi la cui costituzione va modificandosi col tempo: noi ignoriamo il principio di questa evoluzione, che alcuni fanno risalire alle nebulose, di varia forma e condensazione, altri con Rankine a concentrazione di raggi calorifici sopra astri estinti o con Croll all'urto di due masse cosmiche: a noi è dato unicamente osservare le varie fasi di quell'evoluzione che si ripercuotono nelle differenti classi di spettri stellari, ecco tutto. Si ritiene oggi con Düner, Vogel e Jansen, che le stelle il cui spettro, come quello di *Sirio* e *Wega*, è molto ricco di raggi violacei, siano le più calde, si trovino nel periodo ascendente della loro esistenza come *Soli*, siano più giovani delle altre negli spettri delle quali quei raggi vanno facendosi scarsi, fino a mancare quasi completamente: mancanza che sarebbe indizio di una condensazione e di un raffreddamento molto progrediti e quindi di un rapido declinare della vita di quegli astri come irradiatori di luce e di calore. Il nostro Sole che è fra le stelle gialle sarebbe, come esse, meno caldo di quelle bianche, e le rosse lo sarebbero ancora meno. Queste sarebbero le età relative delle stelle: giovani le bianche, adulte le gialle, vecchie e presso

ad estinguersi le rosse. Lockyer propose sull'origine dei corpi celesti la sua *ipotesi meteorica* già ricordata, e che ha molti punti di contatto con quella degli americani Moulton e Chamberlin; però l'ipotesi di Lockyer, a quanto afferma il tedesco Scheiner, non regge alla prova di molti fatti osservati. Ma quale è quella fra le ipotesi cosmogoniche alla quale non si possa ciò rimproverare? L'origine e l'essenza vera delle cose, trascendono le forze della mente umana, e l'universo è un grande mistero che l'uomo non giungerà mai a comprendere.

Non ci fermiamo a discorrere dell'estensione dell'universo, nè della natura dello spazio (1); l'astronomia lo richiede illimitato, senza confini. Certo è che la distribuzione delle stelle intorno alla quale gli astronomi hanno molto faticato (2) è continuamente variabile, e ciò a ragione dei moti proprii di tutte le stelle e dei corpi celesti in genere. In virtù di questi movimenti le posizioni degli astri nello spazio e le loro mutue distanze cambiano senza posa; e la configurazione del mondo stellato, la distribuzione dei corpi celesti nel presente attimo fuggente, non sono più quelle di or fa un'ora, nè saranno quelle che si verificheranno nell'ora successiva: ed è certo che una data configurazione delle stelle mai non fu due volte, nè sarà più mai la medesima. Una eterna danza, un moto incessante, un cambiamento perpetuo sono conseguenze inevitabili della natura delle cose. Giordano Bruno diceva di essere stato copernicano prima di aver letto Copernico, e insegnava l'infinità dei sistemi stellari, e faceva già delle stelle altrettanti Soli. Kant e Lambert proposero delle grandiose supposizioni sulla costituzione dell'universo stellato: esse sono, però, più che

---

(1) Il lettore desideroso di più ampie informazioni al riguardo le troverà nel nostro libro *Spazio e Tempo*.

(2) Fra gli astronomi che si sono occupati della distribuzione delle stelle sono particolarmente a menzionarsi qui, come italiani, Celoria e Schiaparelli, che publicarono lavori divenuti classici in materia.

altro speculazioni ardite e geniali, non avendo esse un proprio e vero fondamento nelle osservazioni che a quei tempi mancavano completamente. Sopra osservazioni accurate, cioè numerosi scandagli del cielo, si fondarono invece le teorie di Herschel e quelle di Struve, connesse anche con una possibile graduale estinzione della luce delle stelle nel suo cammino attraverso lo spazio cosmico. Zöllner fu fautore di questa estinzione, ossia di una specie di assorbimento dell'energia radiante nel mezzo trasmettitore della luce: Schiaparelli ha dimostrato insostenibili quelle vedute. Newcomb a questo riguardo scrive: « L'ipotesi di un universo stellato limitato e di nessuna estinzione della luce, benchè non assolutamente provata, deve essere riguardata come la sola da accettarsi, finchè ulteriori investigazioni ne abbiano provato la fallacia ». Seeliger, Proctor, Stratonoff, Easton e Kapteyn, valendosi di tutto il materiale d'osservazione in oggi disponibile, misero avanti varie teorie sulla distribuzione delle stelle e sulla costituzione o, come taluni dicono, architettura dell'universo. Le nozioni oggi accolte generalmente in astronomia sono le seguenti (Newcomb, *Populäre Astronomie*, 1905):

1. - Per quanto si può arguire dalla numerazione delle stelle in tutte le direzioni, e dall'ispezione della Via Lattea, il nostro sistema solare è vicino al centro dell'universo (1). Pare possa dimostrarsi in due modi che noi ci troviamo nel piano (meglio *disco*) della Via Lattea. Dapprima a mezzo dell'eguaglianza delle numerazioni dai due lati di questo piano, fino ai suoi poli, e secondariamente a mezzo del fatto che la linea centrale della Via Lattea è un cerchio massimo della sfera celeste.

2. - Le stelle sono enormemente differenti l'una dall'altra per la loro reale forza luminosa. Alcune sono

---

(1) Dato che quest'ultima supposizione non sia completamente disconforme al vero, stante il moto del Sole attraverso lo spazio, potrà divenirlo fra qualche migliaio d'anni, e può esserlo stata per il passato.

parecchie migliaia o diecine di migliaia di volte più lucide del Sole: altre posseggono solamente un centesimo od un millesimo dello splendore di esso: le stelle colla maggior potenza luminosa sono d'ordinario le più chiare, più azzurre e meno dense.

3. - Le stelle più azzurre e più splendenti sono principalmente situate nelle regioni della Via Lattea. Si ha qualche motivo di congetturare che quanto più le stelle si trovano fittamente addensate in questa regione, tanto più esse sono grosse e splendenti.

4. - L'accolta di stelle che noi chiamiamo l'universo, è limitata nella sua estensione. Le più piccole stelle che noi scorgiamo nei più potenti telescopii, non sono in massima più remote delle più lucenti, ma sono per lo più stelle di minor potenza luminosa situate nelle stesse regioni. Ciò non esclude la possibilità che fuori del nostro universo vi siano altre accumulazioni di stelle delle quali noi nulla sappiamo.

5. - Il limite del nostro universo è probabilmente alquanto indeterminato ed irregolare, e man mano che noi ci andiamo accostando ad esso, le stelle si fanno gradatamente più rare. La parallasse delle stelle situate al limite, non è forse in nessun sito superiore a 0",001 e probabilmente molto più piccola: il tempo che la luce impiega a percorrere quello spazio è maggiore di tremila anni.

6. - L'universo si estende molto più nella direzione in cui giace la Via Lattea che non verso i poli di essa. Ma in ogni direzione si estende oltre il confine entro il quale si sono svolti finora i moti proprii delle stelle.

7. - Non sembra ancora possibile il decidere se le accumulazioni della Via Lattea giaciano al confine dell'universo, oppure non. Il numero delle stelle lucide che essa contiene sembra pronunziarsi debolmente contro la prima opinione, a cagione della possibile grande potenza luminosa delle stelle della Galassia.

8. - Il numero delle stelle ammonta a centinaia di milioni.

9. - Fuori della Galassia le stelle non mostrano in generale alcuna tendenza a riunirsi in sistemi od

ammassi; che anzi esse sono disseminate nello spazio quasi a un dipresso uniformemente.

Circa la posizione verso il centro dell'universo che sembra risultare per il nostro sistema solare, Newcomb così scrive: « Le precedenti ragioni per congetturare che la nostra posizione nell'universo sia centrale, possono suggerire una riflessione al pensoso lettore. Tolomeo dimostrò che la Terra era fissa al centro dell'universo con una evidenza che, dal suo punto di vista, sembrava non meno solida di quella che abbiamo citata. Non è forse possibile che noi siamo vittime di un'illusione fallace come egli lo era? »

Ai posteri l'ardua risposta.

45. — La pluralità dei mondi abitati.

Il concetto fondamentale di quelle filosofie astronomiche che ammettono la pluralità dei mondi abitati, è in sostanza questo. Non la sola Terra è dimora di esseri intelligenti: ma anche molti altri corpi celesti sono abitati. Molti popoli antichi professavano idee analoghe a quelle, ammettendo che le anime umane, naturalmente supposte immortali o di vita lunghissima, trasmigrassero, dopo la morte del corpo che le rivestiva in Terra, in altri corpi celesti: i *Veda*, il *Codice di Manu*, i libri *Zendi*, i dogmi di Zoroastro ne fanno fede. I filosofi della scuola ionica fondata da Talete, perpetuarono nei loro insegnamenti quelli della tradizione egiziana importata in Grecia; ed Anassimandro, Anassimene insegnarono la pluralità dei mondi abitati, come Empedocle, Aristarco, Leucippo ed altri: pluralità che fu dogma di fede per Pitagora e per la sua scuola, e precetto della scuola eleatica, il cui fondatore Xenofane sosteneva strenuamente l'abitabilità della Luna, al pari di Anassagora. Plutarco poi racconta varie leggende, che dimostrano come la dottrina della quale stiamo discorrendo, fosse largamente diffusa: dottrina che fu pure sostenuta dalla scuola di Epicuro, i cui

addetti la estendevano anche alle stelle. Di essa naturalmente si fece eco l'epicureo Lucrezio nel suo poema *De rerum natura*: e non venne ripudiata neppure dal cardinale di Polignac, nel suo *Anti-Lucrezio*. I *Padri della Chiesa* furono, per lo più, avversari della pluralità dei mondi abitati. I pitagorici come Plutarco, Macrobio, Keplero, Galilei, affermavano essenzialmente l'abitabilità della Luna, che oggi invece è da tutti recisamente negata; Luciano, Dante, l'Ariosto, il P. Kircher, se ne valsero per le loro finzioni poetiche. Giova però avvertire che Macrobio e Keplero esposero le loro opinioni sotto forma di *sogni*. Furono partigiani della pluralità dei mondi abitati: il cardinale Nicolò di Cusa, Giordano Bruno, Montaigne, Campanella, e trovarono seguaci nei romanzieri scientifici Cyrano de Bergerac, Godwin, Borel, ed in un famoso astronomo, Fontenelle. Questi, che era segretario perpetuo dell'Accademia delle Scienze di Parigi, pubblicò nel 1680 un libro *Entretiens sur la pluralité des Mondes* che ebbe un successo grande e durevole. Un altro insigne scienziato, Huygens, professava le idee di Fontenelle e le divulgò in un libro *Cosmotheoros* (1698); mentre Lambert se ne faceva campione con ragionamenti giustissimi. Menzioneremo ancora fra gli autori che scrissero in favore della pluralità dei mondi abitati: Plinon (francese); Whewell, Brewster, Proctor (inglesi); Swedenborg, svedese; Flammarion, francese, che ne è il sostenitore oggi più generalmente noto.

Per esporre quanto si pensi attualmente oggi circa la dibattuta questione della pluralità dei mondi abitati, non sappiamo far di meglio che tradurre qui alcune pagine scritte dal grande astronomo e pensatore americano, Simone Newcomb.

« Se noi riguardiamo i pianeti come corpi celesti eguali alla nostra Terra, e le stelle come Soli dei quali ciascuno ha probabilmente un séguito di pianeti che lo accompagna, allora si presenta spontanea l'idea che anche gli altri pianeti possano, al pari della nostra Terra, servir di dimora ad esseri intelligenti. La questione di sapere se convenga, come regola generale, ammettere che gli altri pianeti siano a quel modo popolati è per noi di molto interesse, giacchè la

natura della risposta che vi si dà, determina il nostro posto nella creazione (1).

« Molti pensatori riguardarono la scoperta di prove per l'esistenza della vita sopra altri pianeti come scopo e fine delle ricerche astronomiche (2). Ma a questo modo di pensare si oppone vittoriosamente il fatto di vedere come appaia del tutto irrealizzabile il raggiungimento di una certezza al riguardo, e tanto infatti che esso ha cessato di occupare l'attenzione degli astronomi. Lo spirito della scienza moderna si ribella alla speculazione intorno a questioni la cui soluzione non può essere trovata scientificamente: ed alle domande concernenti la vita sopra altri corpi celesti gli astronomi risponderanno sempre che intorno a questo tema essi non ne sanno più di qualunque altro, e che in proposito non potrebbero neppure esprimere un'opinione determinata, poichè essi non posseggono dati per decidere. Tuttavia molte menti speculeranno e la scienza potrà almeno condurre e limitare queste speculazioni, benchè essa non sia in istato da rispondere alla questione. Non sarà pertanto superfluo il mostrare entro quali limiti la speculazione sia conciliabile coi risultati e coll'esigenza della scienza.

« In primo luogo noi vediamo che attorno al nostro Sole circolano otto grandi pianeti, sopra uno dei quali noi viviamo. I nostri cannocchiali ci mostrano altri Soli in tal numero da frustrare ogni numerazione. Sono dessi, questi Soli, al pari del nostro, corpi centrali di sistemi di pianeti? Se i nostri can-

---

(1) Un naturalista inglese ha scritto un libro per dimostrare che la sola Terra può, fra gli innumerevoli astri del cielo, essere abitata da esseri intelligenti. Ma la voce del signor Wallace, l'autore del libro, non fu ascoltata ed a buon dritto: atei e credenti hanno oggi ottime ragioni per pensarla altrimenti.

(2) Ricorderemo in proposito i vistosi premi stabiliti per testamento da varie persone a colui che riuscisse a trovare un mezzo per comunicare coi supposti abitatori del pianeta Marte, intorno ai quali si è tanto fantasticato.

nocchiali potessero divenire così potenti da mostrarci questi pianeti all'enorme lontananza delle stelle fisse, la questione sarebbe risolta d'un tratto: ma già alla distanza della più vicina stella fissa, tutti i pianeti del nostro sistema sarebbero fuori della portata dei più potenti cannocchiali che noi possiamo lusingarci di riuscire a costrurre. Sopra questo argomento pertanto l'osservazione non ci può condurre ad alcuna conclusione. Dobbiamo perciò appigliarci a considerazioni cosmologiche: e queste ci fanno vedere che se tutto l'universo si fosse condensato ed ancora si condensasse da masse nebulari in corpi solidi, la stessa causa che circondò il nostro Sole di pianeti, avrebbe potuto agire in simil guisa presso altri Soli.

« Ma ammesso che nello spazio cosmico esistano innumerevoli pianeti, quale indizio abbiamo noi della loro abitabilità? Per un solo corpo celeste, la Luna, la questione viene risolta dal telescopio. La Luna non ha nè acqua nè aria di densità avvertibile, e quindi manca delle principali condizioni della vita organica. Le congetture che furono talvolta messe fuori sulla possibile abitabilità della metà della Luna a noi per sempre invisibile, non sono che giuochi di fantasia. I pianeti sono tutti troppo lontani per consentirci un'opinione sicura sulla costituzione della loro superficie; ed il poco che noi possiamo scorgere, lascia pensare che essa sia straordinariamente varia. Solamente per Marte si trovano indizii che permettono di credere che esso abbia qualche rassomiglianza colla Terra: esso è quindi quel pianeta che noi potremmo per il primo ardire di pensare abitato. In complesso la probabilità si pronunzia decisamente contro la supposizione che una ragguardevole parte dei corpi celesti sia adatta alla dimora di organismi quali quelli che si trovano sulla Terra: ed il numero di quelli che posseggono le condizioni necessarie all'esistenza di esseri civilizzati, può al più essere una tenue frazione del tutto.

« Questa asserzione riposa sulla presupposizione che le condizioni della vita sugli altri corpi celesti siano le medesime che sulla Terra. Ma una tale presupposizione può venire contestata pel motivo che

noi apparentemente non abbiamo alcun diritto d'imporre dei vincoli al potere che la natura ha di adattare la vita a qualunque condizione esistente, e poichè la grande moltiplicità di condizioni di vita sul nostro pianeta — giacchè molti animali possono vivere là ove altri si spengono — sembra rendere vane tutte le conclusioni sull'impossibilità dell'esistenza di organismi della nostra Terra sopra altri pianeti. La sola via per sormontare scientificamente questa obiezione è quella di ricercare se non si oppongano barriere di sorta alla moltiplicità delle condizioni della vita sopra il nostro pianeta. Un saggio superficiale rivela che se al concetto *vita* non è posto alcun limite esattamente definibile, le forme più elevate della vita animale non sono per nulla in istato di esistere indifferentemente sotto tutte le condizioni: quanto più elevata è una forma, tanto più limitate sono quelle condizioni. Noi sappiamo che nessun essere che dia segno di coscienza può svilupparsi altrimenti che sotto le influenze riunite dell'acqua e dell'aria ed entro certi limiti di temperatura molto ristretti; e che sulla nostra Terra non esiste alcun potere di adattamento della natura che permetta ad un uomo di raggiungere nelle regioni polari e di conservarsi in grado elevato di forza corporale o spirituale: e sappiamo che anche il calore delle zone calde oppone sicure barriere allo sviluppo della nostra razza. Da ciò noi possiamo trarre la conclusione che se sulla superficie della nostra Terra avvenissero grandi mutamenti, se tutta la Terra si raffreddasse fino alla temperatura dei poli, od il suo calore si elevasse fino a quello dei tropici, o se essa venisse gradatamente sommersa dall'acqua, o la sua atmosfera si disperdesse, che allora le forme più elevate della vita animale non si potrebbero adattare al nuovo stato di cose, e che neppure si potrebbe formare alcun nuovo elevato organismo. Non si ha una benchè minima ragione per ammettere che nell' acqua possa mai presentarsi qualche essere più intelligente degli attuali, nè che esseri spiritualmente dotati in grado più elevato degli Esquimesi possano prolungare la loro esistenza in regioni fredde come quelle polari. Se noi applichiamo

queste considerazioni alla questione che ora ci occupa, giungiamo alla conclusione che, malgrado l'enorme diversità di condizioni che probabilmente domina nell'universo, soltanto in poche e favorite posizioni si dovrebbe trovare uno svolgimento di vita ragguardevole ed interessante.

« Un'altra considerazione affine ci conduce quasi allo stesso risultato. Scrittori fantasiosi non popolano soltanto i pianeti di abitanti: ma calcolano anche il numero possibile della popolazione per chilometro quadrato, e vi collocano liberalmente degli astronomi che esaminano la nostra Terra con potenti telescopii. Sarebbe presuntuoso il voler negare in modo assoluto la possibilità di tali supposizioni: ma che però esse siano in alto grado improbabili, per rispetto almeno a qualunque dei nostri pianeti, si ricava considerando la corta durata della civilizzazione sulla Terra, in confronto della durata di questa come pianeta. Come tale la Terra si muove nella sua orbita, probabilmente da milioni di anni: forse l'uomo invece non alberga su di essa da più di 20.000 anni: la civiltà non esiste neppure ancora da 10.000 anni, ed i telescopii appena da 300. Se un *Angelo* avesse visitato la Terra ad intervalli di diecimila anni per ricercarvi esseri intelligenti, egli sarebbe stato deluso mille e più volte. Giudicando per analogia, si deve ammettere che le stesse delusioni toccherebbero a colui che intraprendesse ora un simile viaggio di scoperta da pianeta a pianeta e da sistema a sistema, finchè egli avesse esplorato molte migliaia di pianeti.

« Dopo tutto è probabile che solo un numero relativamente assai piccolo di pianeti sia abitato da esseri ragionevoli. Se però riflettiamo che probabilmente i pianeti si annoverano a centinaia di milioni, così in realtà quella piccola frazione può rappresentare un numero molto ragguardevole; e molti fra essi possono essere abitati da esseri che per rispetto allo spirito ci sovrastano di gran lunga. Ma qui dobbiamo por freno alla nostra immaginazione, e persuaderci che la scienza non può fornire prova alcuna nè pro nè contro di queste creazioni della fantasia. »

L'ASTRONOMIA NEI POETI ITALIANI

46. — **Contributo**

alla Storia della Poesia Astronomica.

Chi avesse desiderio di vedere quanto si è pubblicato in prosa essenzialmente in Italia fin verso il 1875 per l'insegnamento e la divulgazione dell'astronomia, può consultare quei veri monumenti di erudizione che sono: *L'Histoire des Sciences Mathématiques en Italie* di GUGLIELMO LIBRI, la *Biblioteca Matematica Italiana* e la *Storia della Geodesia in Italia* di PIETRO RICCARDI; noi ci limiteremo qui a qualche cenno sommario sulle opere didattiche in versi, perchè ciò ne sembra più utile in un libretto di coltura generale, quale è il presente: l'istoria completa e tecnica dell'astronomia dovrebbe per contro occuparsi di proposito dei trattati di quella scienza.

L'opera più importante che ci si presenta per la prima in Italia è il *Tesoretto* di BRUNETTO LATINI (o Latino), notaio fiorentino, nato circa il 1220 e morto nel 1294 o 1295. Il *Tesoretto* è un breve poema di ventidue capitoli, in versi settenari rimati a coppia. La parte astronomica è l'ultima: in essa il poeta, dopo varie avventure narrate nelle parti precedenti, incontra sul monte Olimpo il geografo ed astronomo Tolomeo che lo ammaestra nell'astronomia; ma qui

il poema s'interrompe. Brunetto Latini ci dipinge Tolomeo come un venerando vecchio dalla lunga e bianca barba e lo chiama « mastro di storlomia e di filosofia », che risponde in prosa alle sue domande. Il Latini medesimo è autore di un'opera di maggior mole, che egli chiamò *Trésor* e dettò in francese: di questo il *Tesoretto* è come un riassunto. Il *Trésor* fu tradotto in italiano più d'una volta; da un manoscritto appare quale traduttore BONO GIAMBONI, figlio di messer Giambono del Vecchio, che si trova menzionato in documenti che vanno dal 1262 al 1296. Il *Trésor* ha una parte dedicata all'astronomia ed alla geografia.

La *Divina Commedia* di DANTE ALIGHIERI (1265-1321) (1) non può dirsi sotto verun aspetto un poema didascalico: è un poema di ben più sublime portata; ma l'astronomia vi trova larghissima parte. Dante naturalmente seguiva Aristotele e Tolomeo; forse egli non istudiò Tolomeo sul testo dell'Almagesto, ma sopra libri arabi che avevano a base il sistema di Tolomeo. Uno studio completo e profondo dell'astronomia in Dante non è ancora fatto; gli scritti che intorno a questo argomento si posseggono nelle varie lingue, non lo esauriscono sicuramente: anzi molti commenti alla *Divina Commedia* peccano per molteplici errori a cagione di deficienza di cognizione esatta ed estesa sull' astronomia ai tempi nei quali Dante scriveva.

In Italia si sono recentemente molto occupati di astronomia dantesca i signori Rizzacasa D'Orsogna e Angelitti, direttore quest'ultimo dell'osservatorio di Palermo.

Fra i numerosi imitarori di Dante troviamo alcuni poeti veramente didascalici. Una delle più vaste e comprensive opere di questo genere è il *Dittamondo* (*Dicta Mundi*, Ragguagli del mondo) di FAZIO DEGLI

---

(1) Per la determinazione precisa dell'epoca dalla nascita di Dante vedasi il capitolo intitolato *Sull'epoca della nascita di Dante* nel libro *Astrologia e Astronomia* di OTTAVIO ZANOTTI BIANCO (Torino, Bocca, 1905).

Uberti (1305-70) pronipote di Farinata degli Uberti, menzionato da Dante nel canto X dell'*Inferno*. Il *Dittamondo* è una prolissa e arida narrazione, nel metro della *Commedia*, di un viaggio fatto sotto la guida dell'antico geografo Solino, attraverso le tre parti del mondo allora conosciute. Una gran parte del poema non è che l'opera di Solino *Collectanea rerum memorabilium* (Raccolta delle cose memorabili) posta in terzine: ma l'autore si giova altresì degli scritti di Orosio, Plinio, Tito Livio, Isidoro di Siviglia, Pomponio Mela. Jacopo Alighieri, figlio di Dante, scrisse un poema didascalico in settenari rimati a coppia, intitolato il *Dottrinale*: in questo lavoro l'astronomia e l'astrologia hanno grandissima parte. Il *Dottrinale* fu studiato dal sig. Crocioni, che ne curò un'edizione; vedasi al riguardo il nostro libro *Astrologia e Astronomia*.

Imitatore alla rovescia di Dante e di lui acerrimo nemico, fu Cecco d'Ascoli, ossia Francesco Stabili (nato in Ascoli 1257, arso vivo in Firenze nel settembre 1327). Cecco d'Ascoli è autore di un commento latino alla *Sphæra* di Sacrobosco (Holywood, inglese, od anche Giovanni Aléfax, morto in Parigi verso il 1256). La *Sphæra Mundi* di Sacrobosco è un trattato elementare delle parti più facili dell'astronomia, molto in voga ai tempi di Cecco d'Ascoli; fu libro popolarissimo ed ebbe un numero grandissimo di edizioni. Ma l'opera più generalmente nota di Cecco d'Ascoli è l'*Acerba* o l'*Acerba Vita*, poema dottrinale, scritto manifestamente coll'intento di gareggiar con Dante e di superarlo, scopo che naturalmente non fu raggiunto, e, scrivono il Wiese ed il Percopo di quell'opera: « un profondo abisso la separa dalla creazione di Dante, che molte volte vi è assalito in arrogante maniera ». Questo poema consta di cinque libri, nei quali si discorre di fisica, d'astronomia, d'astrologia. Cecco d'Ascoli fu infatti astrologo famoso e valente professore d'astronomia. Dopo quell'epoca s'ebbero molti scritti poetici sull'astrologia, ma di opere didascaliche astronomiche non troviamo più tracce; e più di 500 anni dovevano trascorrere prima che ne comparisse una, e di alto valore, come vedremo fra breve.

Lorenzo Mascheroni (1750-1800), da Bergamo, fu matematico valoroso, e compose un libro di matematica, *La Geometria del compasso*, che oggi si legge ancora con frutto e piacere: ma fu anche poeta, e primeggiò fra quelli che furono detti appartenere all'*Arcadia della Scienza*. Tale primato se lo conquistò con l'epistola in versi sciolti intitolata *Invito a Lesbia Cidonia*. Lesbia Cidonia è il nome arcadico della poetessa Contessa Paolina Grismondi Secco Suardi. Mascheroni invita Lesbia Cidonia a visitare i musei di storia naturale e il gabinetto di fisica dell'Università di Pavia ove egli fu professore di matematica, e le descrive tutte le meraviglie della scienza e della natura ivi conservate. Il Mestica dà del Mascheroni il seguente giudizio: « Mai uno scienziato grande, come il Mascheroni, ha saputo essere poeta in materia di scienze sì schietto e gentile; e quello che celebrava erano scienze nuove, restaurate col metodo sperimentale di Galileo, e dalla poesia quasi intatte ». Se il Mestica avesse conosciuto Remigio del Grosso, del quale diremo più avanti, lo avrebbe certamente messo a pari col Mascheroni.

La parte dell'*Invito a Lesbia* che concerne l'astronomia nen è molto lunga, e merita di essere qui riprodotta:

> Chi è costui che d'alti pensier pieno
> Tanta filosofia porta nel volto? (1)
> E' il divin Galileo che primo infranse
> L'idolo antico e con periglio trasse
> A la nativa libertà le genti;
> Novi occhi pose in fronte a l'uomo (2), Giove

---

(1) Allude a due statue poste all'ingresso del Teatro di fisica dell'Università di Pavia delle quali l'una, cui si accenna, è quella di Galileo, l'altra quella dell'insigne matematico Cavalieri.

(2) Dopo aver accennato come Galileo si sia ribellato a l'autorità di Aristotele, l'idolo antico, menziona la scoperta del cannocchiale, quella dei satelliti di Giove, e delle macchie solari, fatta dal gran Pisano, il quale, strenuo propagatore del sistema copernicano, pose il Sole fermo al centro del sistema solare.

Cinse di stelle; e fatta accusa al Sole
Di corruttibil tempra, il locò poi,
Alto compenso, sopra immobil trono.
. . . .
. . . .
Figlio del Sole il raggio settiforme
A l'ombre in sen rotto per vetro obliquo
Splende, distinto ne i color de l'iri.
Per mille vie torna non vario in volto;
Ne la Dollondia man docil depone
La dipinta corona... (1).
Qui il simulato ciel sue ruote inarca,
L'anno divide, l'incostante Luna
In giro mena, e seco lei la Terra. (2)
Suo circolante anello or mostra or cela
Il non più lontanissimo Saturno,
Adombra a Giove i suoi seguaci e segna
Oltre Pirene e Calpe al vigil sguardo
Il confin d'orïente...

Io mi sono limitato a rammentare l'*Invito a Lesbia* del Mascheroni, perchè è la più nota delle sue poesie; ma egli ne ha delle altre, strettamente didascaliche e concernenti questioni astronomiche: e così quattro canzoni *Sopra la luce*, l'ultime due delle quali hanno rispettivamente per argomenti *Le strade di un raggio di luce* e *La divaricazione dei raggi*. Vedasi Mascheroni (Lorenzo) *Prose e poesie*, Bergamo, 1903. Chi avesse poi vaghezza di conoscere come i progressi della scienza abbiano influito sulla poesia in quell'epoca letteraria curiosissima che fu l'*Arcadia*, potrà sod-

---

(1) Dopo aver descritto la decomposizione della luce a mezzo di un prisma di vetro, espone come l'ottico inglese Dollond abbia insegnato a costrurre lenti acromatiche, cioè producenti imagini non iridescenti.

(2) Il poeta vuol parlare dei globi celesti, sfere armillari e planetarii: ed espone come da essi si imparino quasi toccandoli, il comportarsi dell'anello di Saturno, le eclissi dei satelliti di Giove, le quali servono, secondo già pensava Galileo, a determinare la longitudine del punto dell'oceano nel quale si trova una nave. Dice Saturno non più lontanissimo perchè Guglielmo Herschel aveva scoperto Urano ancor più discosto dal Sole, ma che non figurava in quell'antico planetario.

disfare a' suoi desiderii leggendo il dotto libro intitolato *In Arcadia* di EMILIO BERTANA, Napoli, Perrella, 1909.

ALEARDO ALEARDI (1812-1878), veronese, non fu poeta didascalico, ma ha un'esposizione delle cognizioni astronomiche del suo tempo veramente di grande bellezza: la riproduciamo integralmente, valendoci dell'edizione dei *Canti* dell'Aleardi, pubblicata da G. Barbèra, Firenze, nel 1869. Questa esposizione di cognizioni astronomiche è contenuta nella seconda delle *Lettere a Maria*, intitolata *L'immortalità dell'anima*.

Abbiamo prima una descrizione del sistema solare il quale all'epoca in cui il nostro poeta dettava quel canto si riteneva finisse con Urano, poichè Adams e Leverrier non avevano ancora scoperto Nettuno, come è esposto più sopra.

E senza posa il terso etere solco
Con la dolce compagna. E già comprendo
Perchè tanta di luce onda si versi
Su le altissime corna a le montagne
Nel bel mondo di Venere. Più lunge,
Paghe contemplo d'una danza istessa
Pei domestici azzurri ire concordi
La tenne Vesta con le sue sorelle;
Figlie di madre fulminata un tempo,
Solo cognito a Dio. Veggo nell'ampio
Giove al confine de le curve lande
Il giorno tramontar velocemente
E quattro lune illuminar le fredde
Limpidissime notti, e quattro lune
Specchiarsi a l'onda delle sue marine.
Per andamenti di più vasto giro,
Privilegiato di maggior seguaci
Vedo Saturno dall'anello avvolto
Viaggiar malinconico. Discerno
Simile a scolta sul confine estremo
Dell'imperio del Sole, irto di geli
Muto di lume il solitario Urano:
E via pel taciturno etere in fuga
Ire e redir Comete impazïenti
Visitatrici d'altri ignoti Soli,
Pari a Sibille, che, disciolto il crine,
Profetino terrori.

A questi versi, nitidi e chiari, non occorrono commenti: le nozioni esposte in quanto precede, bastano ad intenderli e gustarli completamente. Il poeta dice le comete visitatrici d'altri ignoti Soli, alludendo alle comete non periodiche. Queste percorrendo orbite aperte (parabole od iperboli), dopo aver una volta visitato il sistema solare, lo abbandonano per sempre e, lanciandosi nello spazio, penetrano forse in altri sistemi, ove altre stelle o *Soli* reggono altre schiere di pianeti.

Il poeta poi vede la Terra e ne profetizza il destino, seguendo l'opinione di quei dotti che vogliono che la Terra debba poco per volta perdere, per vari processi naturali, ogni sua attività vulcanica, l'aria e l'acqua onde è fornita, e ridursi, coll'estinzione, che da quella perdita deve essere cagionata, di ogni vita organica, ad essere un astro morto come la Luna.

« Madre,
Vedo una cosa picciolетta in fondo
Movere là nel vano: è forse quello
L'orbe superbo de le nostre patrie
Dai mar, dai monti, dai deserti immensi ?
« Sì; quel granel di polvere che vola
Là giù, è la Terra. E pari a le funèbri
Che fra poco vedrai larve di mondi
Qua e là disperse, anch'ella quando fia
Piena la cifra de' suoi dì fatale,
Così travolta andrà per lo infinito.
Svanirà l'acqua che la bagna ; l'aura
Che la circonda; nè scintilla alcuna
Più nel suo grembo celerà di foco.
Vedovata di piante e d'ogni forma
Vivente, fredda, cavernosa, muta
Passerà in cielo come passa in mare
Naufraga nave, dove tutto è morto.

Qui la materna sapïente voce
Seguendo a dir, l'antica de le cose
Notte mi narra, e la profonda requie
De la materia informe, e il primo guizzo
De la feconda luce; e de la vita
Le origini, e il cessato Eden col fallo
De la fragile madre; e la vicenda
Di servitù, d'affanni e di vittorie

Predestinata a le venture stirpi,
Con rapita canzon mi vaticina.
Nè piango io, no, chè lagrimar pupilla
Immortale non può; ma sento un'acre
Reminiscenza del versato pianto.

L'Aleardi poi si lancia nel mondo siderale e ce ne dà la seguente descrizione, a nostro modesto avviso, bellissima.

Poi rïaperto il vol, esco dai mondi
Ove domina il Sole: è lui che immoto
Credeva, trascinar miro in arcana
Fuga il corteggio delle serve sfere
Verso la via dell'Ercole celeste. (1)
E nuovo etere passo; e là saluto
Le due famiglie de la gelid'Orsa
E quel provvido e fisso occhio d'amore
Che il porto accenna alle raminghe vele. (2)
Valico i regni, dove il trino splende
Sodalizio dei re (3); m'accosto al Sirio
Che i Sabei d'Orïente affascinava
Pastor contemplativi, inclito lume,
Il fior più bello dell'april dei cieli. (4)
Odo piover dall'alto una dolcezza
Di profuse armonie, che manda, tocca
Dal suo custode Cherubin, la Lira.
Sotto lo sguardo del Signore io vedo
Entro a fecondi albori nebulosi
Comporsi giovinetti astri e lanciarsi,
Come gazzelle, a le prefisse curve.
E tratto tratto su la via mi scontra
Un raggio rapidissimo che cala

---

(1) Ai tempi dell'Aleardi si riteneva che il movimento proprio del Sole fosse diretto verso un punto della costellazione di *Ercole*: oggi si ha ragione di credere che quel punto sia situato nella costellazione della *Lira*, come si disse più sopra nel testo. Ma quanto concerne il movimento del Sole attraverso lo spazio, è, e sarà per lungo tempo, molto incerto; ed anche le nostre odierne nozioni intorno ad esso, saranno, senza fallo, modificate dall'avvenire.

(2) La stella polare.

(3) Orione detto talvolta dal popolo *I tre Re Magi*.

(4) Sirio in primavera, nelle nostre latitudini è ben visibile a sud in prima sera.

Da una stella per tanto etra divisa,
Che pria mille fien vôlti anni a la Terra,
Che scenda al tocco di mortal pupilla.
E sempre ch'io m'innalzi entro i silenzi
Di quegli azzurri spazi interminati,
Mi sorride novello un tremolìo
D'isolette di luce; e qual si pinge
Come il giacinto e la vïola, quale
Veste le tinte de la cener mesta,
Od incolora le seguaci sfere
D'un incarnato languido di rosa:
Poi che non cresce solamente il giglio
Sui costellati campi del Signore.
E tutto splende, e tutto danza in quella
Festa dei cieli, e tutto fugge a volo;
E Dio solo conosce a quale arcano
Porto tenda il creato, e quando fia
Ch'ivi riposi dal fatal vïaggio.

Oh! potess'io poscia che avrò veduto
Sì addentro l'universo, un'ora sola
Rinascere a la terra itala, e sciôrre
Rivelator di meraviglie un carme
Nobile, forte, non caduco, e novo!...

Io ritengo che i lettori giudicheranno con me, che questa descrizione del cielo stellato, *non caduca, nova* è nobile e forte, che il voto del poeta sarà esaudito e che il suo canto non morrà. Fino ad oggi, sicuramente quel carme è insuperato, e trionfa, a nostro avviso, delle critiche al poeta in genere, non a questo suo passo in particolare, di quel severissimo giudice che è Benedetto Croce e di quelle acri e molto meno misurate e fondate di Vittorio Imbriani nel libro intitolato *Fame usurpate*. In quel libro si chiacchera anche dello Zanella, ma i due nostri poeti, vi sono in buona compagnia: il *feroce* critico tenta di demolire anche..... Goethe!

GIACOMO ZANELLA da Chiampo nel Vicentino (1820-1888) e pertanto veneto come Aleardo Aleardi, non fu di proposito poeta didascalico, ma poetò di scienza egregiamente, e ne venne chiamato «il poeta della fede e della scienza». La sua poesia scientifica più nota è la *Conchiglia fossile*; essa non parla però di astronomia: il poeta ne tratta in disteso nel poemetto

didascalico-filosofico intitolato *Milton e Galileo*, dialogo teologico-astronomico fra i due grandi.

Riproduciamo pochi versi di questo poeta, valendoci della raccolta delle poesie di *Giacomo Zanella* curata da Arturo Graf e pubblicata dai Successori Lemonnier di Firenze.

Dal *Microscopio e Telescopio:*

Sali tra mondi e mondi, e non t'avvedi,
  Che d'una lente armato agli Orïoni
Questo atomo pon freno ed in sue sedi
  Traduce, ospiti immani, Iadi e Trioni.
Dal novissimo ciel la nebulosa
  Svela di Soli tremola famiglia,
Quale fiammante del color di rosa,
  Qual tinto nel pallor della giunchiglia.
Mille sfere nel rapido vïaggio
  Lasciossi addietro, e son mille anni e mille
Che piove pel silente etere il raggio
  Pur or giunto dell'uomo alle pupille.
Di lassù che ne porti, o messaggero,
  Per tanta via? Se di metalli infusi
In bollente oceàn parli al pensiero,
  E dall'astro natìo la tempra accusi;
Se per l'alto universo intatta via
  Al vol dischiudi dell'umano ingegno,
Fuggon forse le tenebre di pria,
  E palese di Dio splende il disegno?

Dal carme *Milton e Galileo*: Galileo espone a Milton come abbia sostenuto il sistema eliocentrico:

E questa Terra che un vetusto orgoglio
Dell'universo salutò rëina,
Stabil rëina, a cui ministri intorno
Il Sole si aggirassero e le stelle
Disseminate per l'immenso vano,
Io, giusto librator, balzai di trono
E fra le ancelle rilegai.

Ecco ancora un accenno alla Via Lattea, ed al mondo stellare:

...Entro la zona
Che Lattea nominaro e primo io scòrsi
Di stelle innumerabili corrusca,

Tu, negletto monarca *(il Sole)*, umil veleggi;
E tra le sfere turbinanti illeso
D'invisibil nocchier la man ti scorge.
Gloria a Lui, gloria a Lui! Scender di Soli
Fitta una pioggia per l'Immenso io vidi,
Quali di rosa colorati e d'oro,
Quali d'indaco aspersi; astri con astri
Avvicendarsi e mobili universi
D'altri universi discovrir la via,
Io vidi esterrefatto; e quando giunta
Al limitar del vôto e della notte
La veduta morìa, l'agil pensiero
Correva ancor gl'immensurati spazi
E novi Soli dal fecondo abisso,
Come sabbia dal mar, nascer vedea.

E così siamo giunti al vero e maggiore poeta italiano didascalico dell'astronomia, che forse non ha l'uguale in nessun'altra nazione: ma che, malgrado ciò, è interamente ignorato da tutti gli storici della nostra letteratura, nessuno dei quali, per quanto io mi so, neppure lo menziona. E ciò, ed è una seria aggravante, benchè la raccolta delle poesie di REMIGIO DEL GROSSO, sia stata procurata e curata da quel grande letterato e critico acuto ma giusto, che fu Luigi Settembrini (Napoli, Morano, 1877).

Remigio del Grosso da Colle Sannita (provincia di Benevento) (1813-1876), fu prete come Giacomo Zanella e Lorenzo Mascheroni; ma smise l'abito ecclesiastico, e divenne libero pensatore, come attestano non pochi passi delle sue poesie. Remigio del Grosso fu di professione insegnante di matematica e di astronomia: e dal 1863 al 1876, anno di sua morte, tenne la cattedra di meccanica celeste nell'Università di Napoli, acquistandosi bella fama di scienziato valoroso con notevoli scritti, e coll'insegnamento chiaro e diligente di insegnante egregio. Luigi Settembrini, che curò la pubblicazione dei carmi di Del Grosso, pose in capo al libro una *Breve notizia della vita e delle opere* di lui, e chiuse quella notizia colle linee seguenti:

« Egli non è solo uno scienziato, nè ha pregio soltanto dalla scienza, ma egli è ancora un amabile poeta. Io dunque presento all'Italia un poeta dida-

scalico che è primo in Europa a trattare un argomento altissimo, e con nobile poesia. Credo che l'Italia se ne debba gloriare e annoverarlo fra i primi. E non dico di più, perchè voglio che questa poesia sia letta, e perchè credo che quello che dirà essa al lettore non lo direbbero le parole di qualunque critico ».

I carmi di Remigio del Grosso sono sei ed hanno i titoli seguenti: *La Cometa Donati, L'origine dei vulcani, Le Nebulose, I nuovi pianeti, Il Mare, Il Sole*: abbiamo poi due frammenti di un carme *Il Vesuvio*.

Riproduciamo qui alcuni brani di questi carmi, limitandoci naturalmente agli astronomici, ed accompagnandoli colle note che Del Grosso stesso vi appose.

La Cometa Donati (1)

O bellissimo astro chiomato,
Che ti aggiri innocente intorno al Sole
Come la schiera dei pianeti, e corri
Ubbidïente al suo poter le vie
Del firmamento (2), quando mostri a sera
Il tuo bel disco in occidente e spieghi
La pompa della tua candida chioma,
Il sofo a te sorride, e il vulgo ignaro,
Non più compreso da spavento, il guardo
Estatico in te affisa. Il fulvo Arturo (3)
E la grand'Orsa omai brillano in cielo
O non visti o spregiati, ed Orïone
Sorger non osa prìa del tuo tramonto.
Astro non v'ha che te vinca o somigli
Nella beltade; nè l'argentea luce

---

(1) Questa cometa è detta Donati, dall'astronomo fiorentino signor G. B. Donati, che la scoprì in Firenze la sera del 2 giugno 1858: essa fu anche detta cometa del Risorgimento Italiano, dopo la guerra del 1859 che felicemente lo iniziò, della quale il popolo la ritenne annunziatrice (O. Z. B.).

(2) I movimenti dei pianeti e delle comete intorno al Sole sono sottoposti ad una medesima legge, poichè sono prodotti dall'attrazione che quest'astro esercita sulla loro massa.

(3) Arturo, una bella stella di prima grandezza, era visibile alla testa o *nucleo* della cometa quando questa fu visibile ad occhio nudo. La grand'Orsa ed Orione sono costellazioni conosciutissime, e le più belle dell'emisfero boreale.

Della Luna falcata è più soave
Di quella luce che pel ciel tu spandi.
Ma quel sorriso, o eterea pellegrina,
Di che t'adorni, or che del nostro cielo
Percorri i campi, lunga età non dura,
Come dura il tuo moto! E tu raccorci
L'ampio volume dell'argentea chioma,
E sparuta divieni allor che volgi
Ad altri cieli il corso, ove non giunge
Sì tiepido il vital raggio del Sole. (1)

Così accenna poi alla legge dell'attrazione universale scoperta da Newton:

Poichè l'Anglo immortal poggiò tant'alto
Nella scienza degli astri, e nei lor moti
Vide l'impero d'una forza arcana,
Ch'egualmente affatica e le rotanti
Lor grandi masse, e l'atomo che sfugge
All'occhio e al tatto, e infaticabil desta
Nell'Oceàn il palpitar dell'onda;
Non più ravvolge del mistero il velo
Come tu danzi con le tue sorelle,
Astro gentile, per gli eterei campi.

Nel carme *Le Nebulose*, abbiamo una bella descrizione del firmamento, e la narrazione della scoperta del cannocchiale, però con reminiscenze, non inavvertibili di Mascheroni e di Aleardi.

Nei versi seguenti si parla di Guglielmo Herschel e di sua sorella Carolina, e dei telescopii a specchio che colle sue abili mani si costruiva quel sommo investigatore dei cieli.

Perocchè un grande del Tamigi in riva
Nel magistero di ricurvi specchi
Posta fidanza a confortar lo sguardo,
Scrutò quei cieli arcani, ove il mistero
Cotanta ala distese; e, dove appare
Quasi deserto il firmamento, scorse

---

(1) Le code delle comete acquistano enormi dimensioni quando questi astri si avvicinano al Sole, e si accorciano quando esse se ne allontanano.

Lieti drappelli degli arcani mondi
Che presagiva l'immortal tuo genio. (*Allude a Galileo*)
E a lui compagno nell'ardita impresa
Era giovin sorella, inclita gloria
Del vago sesso, che non mai conquisa
Dalla fralezza femminil, le veglie
Seco divise, e i compiti, e le fredde
Notti ed il perigliar della pupilla.

Dal carme il *Sole* trascriviamo alcuni brani. Ecco come è esposta l'applicazione dell'analisi spettrale all'investigazione dell'astro del giorno.

Poichè l'italo genio erse le penne
A tanta altezza, e con felice ardire
Fra i rai del Sol potè ficcar lo sguardo,
La sete del saper che non è sazia
Giammai nell'uomo, più divenne ardente,
E volle altri misteri, altre segrete
Cose veder, che nel suo grembo serra
L'astro del giorno. Una pensosa schiera
Di chiari ingegni all'arrischiata impresa
Allor si volse: e confortando il guardo
Di novelli e più acconci ottici ordigni,
Potè scomporne il settiforme raggio,
E dal vario tenor delle sue tinte
Argomentarne i più riposti arcani.
Tutto ravvolge il disco ampio del Sole
Un vel di rosee corruscanti nebbie
Aspro di rughe, che nel flutto nuota
Di profonda atmosfera, ove riposo
Non è giammai, ma la tempesta freme
Come nell'Oceàn scosso dai venti.

Leggiamo ora una meravigliosa descrizione dell'eclisse solare.

Hai tu veduto qualche volta il Sole
Ammantarsi d'eclisse? Hai tu veduto
Come triste diviene in quei momenti
Paurosi la Terra, ed ogni cosa
Appar dipinta di mortal pallore?
Non appena la Luna a mezzo copre
La lucerna del mondo, e già nei campi
Languido il fiore impallidisce, e un tetro
Grigio scolora il bel verde dell'erbe.

In un plumbeo color muore l'azzurro
Riso dei cieli, a cui succede oscura
Orrida notte; ove se stella appare,
Somiglia a lampo sepolcral che annunzi
Vicina l'agonia della natura.
E lunghesso l'immoto aer si spande
Cupo un silenzio, chè la sua canzone
Interrompe l'uccello, entro la siepe
Riparando atterrito; e nei crepacci
Del suol si affretta a scendere, cercando
Asil lo sciame de' procaci insetti.
In ogni uomo furtiva ed affannosa
Un'angoscia si desta, ed il sapiente
Sacerdote d'Urania ad ora ad ora,
Triste diventa anch'ei, mentre si accinge
A contemplar co' suoi ricurvi vetri
Quel travaglio del Sol. Ma già la luce
Rapidamente scema, e non rimane
Della lampa del dì, che un picciol lembo
Falcato. Già in sottile arco si stringe
A poco a poco, e alfin col suo sfavilla
Ultimo raggio mestamente e muore.
Di subito la scena allor si muta:
Chè dove il Sol sedea cinto di lampi,
Livido e nero signoreggia il disco
Della Luna, a mo' d'aureola cinge (?)
Una corona candida di luce,
E' l'atmosfera che il grand'astro abbraccia,
E al curïoso spettator si svela
Non più nascosta ne' fulgor dei rai
Che discoperto saettava. E appare
Non poca parte di sue rosee nebbie (1)
Quando protese in vertici di coni
Che sembran le nevose Alpi al tramonto
Di un dì sereno, e quando in curvi rami
Come sotto le chete onde del mare
Si distende il corallo. Anche fur viste
Sporgere fuori dall'opaca Luna
Simili a lista di purpureo panno;
Od in brani squarciate andar volando
A quella guisa che pel nostro cielo
Volan le nubi per soffiar di vento.
In quei fiocchi ramosi e in quelle punte

---

(1) La corona e le protuberanze rosee.

Di rosee nebbie, con sagace sguardo,
Il paziente astronomo ravvisa
La compagine arcana e la testura
Interïor della dïurna lampa,
E quai tesori dentro alla sua cinta
Natura metallifera nasconde.

Non voglio scordare una bellissima descrizione del firmamento fatta secondo gli odierni concetti scientifici da GUIDO MAZZONI nella sua poesia intitolata

Cielo stellato (1).

Questo che inclinasi
cielo fulgente
sul lago, e brulica
profondamente
ne la Via Lattea,
ne le altre mille
sparse faville,

sì che di fervide
luci si avviva
l'onda che palpita
lungo la riva;
questo in cui figgonsi
gli occhi tuoi neri,
Nella, e i pensieri;

non è velario
che a l'ozïose
menti de gli uomini
lassù Dio pose:
squarciò Copernico
gli adorni veli
de' sette cieli.

A noi la pagina
del cielo immensa,
dove la Nebula
muove e si addensa,
dove si spiccano
dall'astro e snelli
ruotan gli anelli,

dove si frangono
gli anelli, e moli
nuove si avvolgono,
dove ardon Soli
nuovi e gareggiano,
tratti, respinti,
vincenti, vinti,

mentre per l'orbite
irrequïete
vola l'incendio
de le comete,
e su noi piovono
lucidi fumi (2)
gli arsi frantumi;

---

(1) Dalle *Poesie* di GUIDO MAZZONI, Bologna, N. Zanichelli, 1904, IV edizione riordinata e corretta, pag. 215.
(2) La teoria di Schiaparelli sull'origine delle stelle cadenti.

a noi la pagina
del firmamento
narra de' secoli
tutto l'evento,
svela l'istoria
non peritura
de la Natura.

E l'uomo un naufrago
da orrendo mare
su questo fragile
scoglio ne appare.
Ohimè, le lagrime
vane ed i vani
palpiti umani!

Ma sorge, e impavido,
destro, tenace,
di sua vittoria
l'uomo si piace:
domi gli oceani,
si affisa ardito
ne l'infinito.

D'essere in essere,
di plaga in plaga,
lo spazio e i secoli
medita, indaga;
ai mondi, a l'atomo
l'occhio egli ha fisso,
tenta l'abisso.

Odi. Dell'aurea
volta che abbella
le vette e l'ampio
Benaco, o Nella,
fallace immagine
questa ti adduce
vivida luce (1).

Da quanti mossero
secoli tardi
i raggi! or vibrano
stanchi a' tuoi sguardi.
Forse la trepida
gemma che ammiri
negli alti giri

ardeva, e a gli uomini
taceasi il raggio,
che giù per l'etere
facea a viaggio;
si è spenta, e agli uomini
giunge il saluto
d'un astro muto.

Oh quali a' posteri
raggino i Soli
là su la Linea (2)
là su i due Poli,
salve! e tu rendili,
Scienza, de gli avi
più forti e savi.

Per l'istoria in genere della poesia didascalica, oltre che alle innumerevoli storie della letteratura italiana, rimando l'indulgente lettore, principalmente all'opera del P. Saverio Quadrio: *Istoria e ragione di ogni poesia*, Tomo VI: i limiti di questo libretto

---

(1) In questi e nei seguenti versi sono mirabilmente tratteggiate le conseguenze della velocità della luce, spiegate nel testo a p. 231: e sulle quali Camillo Flammarion fondò il suo magnifico romanzo scientifico *Lumen*.

(2) L'equatore è detto talvolta *la linea*; attraversare passare la linea, vale attraversare, passare l'equatore.

popolare ci vietano di dilungarci ulteriormente sull'interessante argomento.

Porrò termine a questo capitolo ed al presente libretto popolare trascrivendo qui alcuni versi della *Ginestra*, di Leopardi, dettati non certo a scopo didascalico, ma che sono, per fermo, una delle più fulgide gemme della scarsa nostra poesia astronomica.

Sovente in queste piagge,
Che, desolate, a bruno
Veste il flutto indurato, e par che ondeggi,
Seggo la notte; e su la mesta landa,
In purissimo azzurro
Veggo dall'alto fiammeggiar le stelle,
Cui di lontan fa specchio
Il mare, e tutto di scintille in giro
Per lo vôto seren brillare il mondo.
E poi che gli occhi a quelle luci appunto,
Ch'a lor sembrano un punto,
E sono immense in guisa
Che un punto a petto a lor son terra e mare
Veracemente; a cui
L'uomo non pur, ma questo
Globo ove l'uomo è nulla,
Sconosciuto è del tutto: e quando miro
Quegli ancor più senz'alcun fin remoti
Nodi quasi di stelle,
Ch'a noi paion qual nebbia, a cui non l'uomo
E non la Terra sol, ma tutte in uno,
Del numero infinite e della mole,
Con l'aureo Sole insiem, le nostre stelle
O sono ignote, o così paion come
Essi alla Terra, un punto
Di luce nebulosa; al pensier mio
Che sembri allora, o prole
Dell'uomo? .....

COGNIZIONI ASTRONOMICHE ESSENZIALI

Quadri e Sommarii.

PROSPETTO

I.

Astronomia stellare.

Nomi di stelle che si incontrano nella letteratura astronomica colle loro posizioni approssimative per il 1900.
Nomi delle costellazioni.
Distanze, moti proprii e velocità di alcune stelle più attendibili.

II.

Il sistema solare.

III.

Comete periodiche.

AVVERTENZA:

Le cognizioni raccolte nei quadri seguenti corrispondono allo stato dell'astronomia sul principiare del secolo ventesimo.

I.

ASTRONOMIA STELLARE

Nomi di stelle che si incontrano nella letteratura astronomica colle loro posizioni approssimative per il 1900 (*)

Nome delle stelle		Designaz. sec. Bayer	Posizione appross. per il 1900. Ascens. retta	Declinazione.
Achernar	(1)	α dell'Eridano	1h34m,0	— 57°55′
Alcor	(2)	80 dell'Orsa Maggiore	13 21 ,2	+ 55 30
Alcione	(3)	η del Toro	3 41 ,5	+ 23 48
Aldebaran	(4)	α del Toro	4 30 ,2	+ 16 18
Algenib	(5)	γ di Pegaso	0 8 ,1	+ 14 38
Algol	(6)	β di Perseo	3 1 ,7	+ 40 34
Alioth	(7)	ε dell'Orsa Maggiore	12 49 ,8	+ 56 29

(*) Dal libro *The Stars* di NEWCOMB; le note, peraltro, sono aggiunte dall'autore della presente *Storia popolare della Astronomia*. Molte altre stelle hanno ricevuto un nome speciale, ma Newcomb qui si è limitato ad alcune più note, come fece ANDRÉ a pag. 53 del volume I del suo *Traité d'Astronomie stellaire*; ma i due quadri non sono identici: nel quadro precedente, da noi compilato, sono aggiunte alcune altre stelle che non vogliono essere passate sotto silenzio.

Altair	(8)	α dell'Aquila	19 45 ,9	+ 8 36
Antares	(9)	α dello Scorpione	16 23 ,3	— 26 13
Arturo	(10)	α del Boaro	14 11 ,1	+ 19 42
Bellatrix	(11)	γ di Orione	5 19 ,8	+ 6 16
Betelguese	(12)	α di Orione	5 49 ,8	+ 7 23
Canopus	(13)	α di Argo (Carena)	6 21 ,7	— 52 38
Capella	(14)	α dell'Auriga	5 9 ,3	+ 45 54
Caph	(15)	β di Cassiopea	0 3 ,8	+ 58 36
Castor	(16)	α dei Gemelli	7 28 ,2	+ 32 6
Cuore di Carlo	(17)	α dei Cani da caccia	14 51 ,3	+ 38 52
Deneb	(18)	α del Cigno	20 38 ,0	+ 44 55
Denebola	(19)	β del Leone	11 44 ,0	+ 15 8
Dubhe	(20)	α dell'Orsa Maggiore	10 57 ,6	+ 62 17
Fomalhaut	(21)	α del Pesce australe	22 52 ,1	— 30 9
Markab	(22)	α di Pegaso	22 59 ,8	+ 14 40
Mira Cœti	(23)	ο della Balena	2 14 ,3	— 3 26
Mizar	(24)	ζ dell'Orsa Maggiore	13 19 ,9	+ 55 27
Polare	(25)	α dell'Orsa Minore	1 22 ,5	+ 88 46
Polluce	(26)	β dei Gemelli	7 39 ,2	+ 28 16
Procione	(27)	α del Cane Minore	7 34 ,1	+ 5 29
Regolo	(28)	α del Leone	10 3 ,0	+ 12 27
Rigel	(29)	β di Orione	5 9 ,7	— 8 19
Sirio	(30)	α del Cane Maggiore	6 40 ,7	— 16 35
Spica	(31)	α della Vergine	13 19 ,9	— 10 38
Vega	(32)	α della Lira	18 33 ,6	+ 38 41
Alfard	(33)	α dell'Idra	9 22 ,40	+ 8 13
La perla o la gemma	(34)	α della Corona Boreale	9 23 ,2	— 8 16
La vendemmiatrice	(35)	ε della Vergine	15 30 ,9	+ 27 0 49″
Sheat	(36)	γ di Perseo	2 58 ,0	+ 53 9
Schedar	(37)	α di Cassiopea	0 35 ,5	+ 56 2 57

Note alla tabella precedente

---

(1) Achernard con Canopo e Fomalhaut si ritiene costituisca le *Tre Facelle* di Dante: vedi al riguardo il capitolo intitolato *Le quattro chiare stelle e le tre facelle* nel nostro libro *Astrologia e Astronomia.* Di queste *tre facelle*, la sola Fomalhaut è visibile in Italia.

(2) Alcuni scrivono Alkor: è una piccola stellina che dista di 11' 48" da Mizar, della quale diremo più sotto: essa serviva agli Arabi come saggio della bontà della vista, e veniva riguardata come l'opposto di Canopo, fulgidissima stella del cielo australe, che attraeva l'occhio di tutti, e diede luogo al proverbio: *Vidit Alcor at non Lunam plenam*, parlandosi di chi bada solo alle minuzie e trascura le cose di maggiore importanza. Si ritiene probabile che Alcor e Mizar siano fra loro connesse anche fisicamente.

(3) E' una stella quadrupla, composta di quattro stelline, visibile anche in piccoli telescopii, ed è situata nel gruppo delle *Pleiadi*, o *La Chioccia*, o le *Gallinelle.* Mädler collocò in Alcione il centro dell'universo stellato, ma questa teoria non fu accolta, poichè priva di fondamento. Le Pleiadi stanno nella costellazione del Toro. — Sembra che le Pleiadi siano le prime stelle designate nominalmente nella letteratura astronomica, e ciò negli Annali Cinesi del 2357 a. C.

(4) Aldebaran — Occhio del Toro — stella rossa di prima grandezza e doppia: essa è la più lucente del gruppo delle Iadi della costellazione del Toro, sulla fronte dell'animale. Aldebaran è di poco a sud dell'eclittica, e trovandosi sul percorso lunare è di frequente occultata dalla Luna.

(5) Stella bianca di terza grandezza. Il nome di Algenib è dato anche alla stella α della costellazione di Perseo.

(6) Stella variabile, il cui nome significa il Demone: essa è il prototipo di una classe di stelle variabili; la variazione dello splendore loro è attribuita ad un compagno, acolito, oscuro, che, circolando loro attorno, viene ad intervalli regolari a frapporsi fra la stella e la Terra, eclissando quella ed oscurandola; Algol è quindi ritenuta una stella doppia. Algol impiega 2 giorni, 20 ore, 48 minuti e 55 secondi a percorrere l'intiero ciclo delle sue variazioni di splendore.

(7) Essa è la più lucente delle stelle che formano il Gran Carro od Orsa Maggiore, e l'ordine in splendore di esse è il seguente: ε, η, ζ, α, β, γ, δ.

(8) Alcuni scrivono anche Atair: stella otticamente doppia, scoperta da Herschel nel 1781. Burnham vide però più di 12 stelline vicine ad Altair più del suo compagno visto da Herschel.

(9) Stella doppia di color rosso, cangiante al verde smeraldo: il suo nome deriva da *anti Ares*, contro Marte, ossia il rivale di Marte per il suo rosso colore: il compagno sarebbe di colore azzurro. Una nebulosa molto interessante sta a poca distanza da Antares.

(10) Arturo è una delle stelle che attrasse di più l'attenzione degli uomini, e probabilmente fu una delle prime stelle cui fu imposto il nome che compare in Esiodo e nel libro di Giobbe dell'Antico Testamento: essa è una stella giallo d'oro ed è la più lucida della costellazione del *Boaro* o Boote. La sua distanza è così grande, che rese mal sicure tutte le misure che se ne istituirono; malgrado ciò, essa è una delle più splendenti stelle del cielo; dal che si arguisce che essa debba essere uno dei più maestosi globi popolanti lo spazio.

(11) Significa il guerriero femmina — stella Amazone: è leggermente variabile, di un colore giallo pallido.

(12) Irregolarmente variabile, di colore aranciato. Lassell la paragona ad un ricco topazio: ha molte piccole stelle intorno e vicinissime a sè. Barnard scoprì intorno ad essa una nebulosità estesa e diffusa.

(13) Non comincia ad essere visibile che nell'Africa settentrionale: bianca, dopo Sirio è la stella più brillante del firmamento. Stella favorita degli Arabi del deserto, a cui serviva come di stella polare australe. Servì a determinare l'orientazione di molti templi in Egitto. La sua parallasse è piccolissima, il che equivale ad una distanza grandissima. Nel 1897 l'americano See scoprì a Canopo un compagno azzurrognolo.

(14) *Capella*, in italiano *La Capra*, la più splendente della costellazione del *Cocchiere*; è la più settentrionale fra tutte le stelle di prima grandezza. Le osservazioni di Elkin inducono a pensare che essa emetta 250 volte più luce del nostro Sole.

(15) Stella bianca, alla quale Burnham scoprì nel 1889 un piccolo compagno: a 5° ad ovest-nord ovest di questa stella comparve nel 1572 la stella nuova, della quale si tenne a suo luogo discorso nel libro, che suscitò la predizione di Beza della seconda venuta di Gesù Cristo, essendo quella stella nuova riguardata come una riapparizione della stella di Betlemme.

(16) Castore è mitologicamente il mortale dei due Gemelli, essendo figlio di Tindaro; ed è anche il cavaliere, od il cavalcatore, che molti chiamarono anche Apollo: è una stella doppia, la più bella doppia dell'emisfero settentrio-

nale; l'orbita di questa stella doppia è descritta in un tempo lungo, ma non se ne potè finora determinare la durata.

(17) Stella doppia di un bianco lilla.

(18) Deneb è stella lontanissima, quasi senza moto proprio normale alla visuale, mentre, secondo le osservazioni di Vogel, avrebbe un certo movimento lungo la visuale e verrebbe accostandosi al sistema solare.

(19) Stella doppia, azzurra, a periodo molto lungo.

(20) Doppia, gialla; Klein sospetta sia cangiante in colore.

(21) Rossastra, ha un compagno azzurrognolo scoperto da See. — Vedi la nota (1) ad Achernar.

(22) Stella bianca; una delle così dette stelle lunari, molto osservata dai marinai per la determinazione della posizione della nave in mare.

(23) Mira Cœti — La Meravigliosa della Balena — stella variabile, gialla, con tendenza al rosso, come molte stelle variabili: ha un periodo di variabilità di 331 giorni, ma soggetto a molte e grandi irregolarità. Fu osservata da Fabricio, astronomo dilettante, allievo di Tycho Brahe; ma il suo vero carattere non fu accertato che nel 1638 da Focilide Holwarda, olandese; ed è questa la prima osservazione regolare di una stella variabile.

(24) Mizar, stella doppia di un bianco pallido verdastro: fu la prima stella accertata come doppia col telescopio, da Riccioli, in Bologna, nel 1650; cinquant'anni dopo fu molto osservata da Gottifredo Kirch e dalla sua compagna Maria Margaretha Winkelmann.

(25) Stella doppia: secondo Campbell, il compagno della Polare ne ha uno a sua volta che gli circola attorno, mentre il primo gira attorno alla stella principale; è la *Cynosura* degli antichi, la *Pollaris* di Riccioli. Dante accenna alla Polare nella seguente terzina:

> Immagini la bocca di quel corno,
> Che si comincia in punta dello stelo,
> A cui la prima ruota va dintorno.
>
> (*Paradiso*, XIII, 10).

(26) È l'altro dei Gemelli, il pugilista, quello immortale, perchè figlio di Giove; aranciata: l'eclittica dista da essa a nord di 12°; è una delle stelle lunari usate nella navigazione.

(27) Stella doppia, di color bianco giallo: ha parecchi compagni. Nel 1896, Schaeberle, all'Osservatorio Lick, vi scoprì un compagno più vicino degli altri: esso è forse quello che Bessel nel 1844 aveva sospettato esistesse al fine di spiegare il moto speciale di Procione.

(28) Tripla, bianca azzurrognola. Il suo nome, che significa *piccolo re*, le fu imposto da Copernico: essa era già chiamata *Re*, in base alla credenza che essa regolasse gli affari del cielo. Era una delle quattro stelle reali dei Persiani, le altre tre erano Fomalhaut, Aldebaran ed Antares. In isplendore, Regolo è la più debole fra le stelle dette di prima grandezza; giace molto vicina all'eclittica ed è quasi coperta dal Sole il 20 agosto: è una delle stelle lunari; ha un compagno color indaco, il quale a sua volta ne ha un altro.

(29) Stella doppia, al pari del suo compagno è biancoazzurra; si sospetta fortemente che anche la stella minore sia doppia. Benchè la lettera β, seconda nell'alfabeto greco, l'additi come inferiore a Betelgeuse di splendore, essa vi è uguale, e nella fotometria dell'Osservatorio Harward essa vien posta al pari di Arturo, Capella e Wega.

(30) La stella più splendente del firmamento: l'antica *Sothis* degli Egiziani, intimamente legata alle inondazioni del Nilo, e detta Canicola e connessa coi giorni canicolari. Di essa si è discorso nel testo.

(31) Bianca, doppia spettroscopicamente. Vicinissima all'eclittica a sud, è una delle stelle lunari; con Denebola, Arturo ed il Cuore di Carlo, forma il ***Diamante della Vergine***, splendido quadrilatero stellare.

(32) Alcuni scrivono Wega: fu la prima stella fotografata col dagherotipo il 17 luglio 1850 all'osservatorio Harward. Vega, Altair e Deneb formano un triangolo rettangolo: il vertice dell'angolo retto è in Wega; ha un colore zaffiro pallido.

(33) Stella doppia, aranciata.

(34) Stella bianca, la più lucida della Corona Boreale.

(35) Riccioli la chiama *Protrigetrix*.

Nomi delle Costellazioni.

Costellazioni boreali. — Piccola Orsa, Dragone, Cefeo, Cassiopea, Giraffa, Grande Orsa, Cani da caccia o Levrieri, Boaro, Corona Boreale, Ercole, Lira, Cigno, Lucertola, Andromeda, Triangolo, Perseo, Cocchiere, Lince, Piccolo Leone, Chioma di Berenice, Aquila, Freccia, Volpe, Delfino, Piccolo Cavallo, Pegaso, Pesci, Ariete, Toro, Orione (*), Gemelli, Piccolo Cane, Cancro, Leone.

Costellazioni australi. — Ottante, Mensa, Camaleonte, Uccello del Paradiso, Pavone, Indiano, Tucano, Idra maschio, Reticolo, Dorado, Cavalletto del pittore, Pesce volante, Mosca, Croce del Sud, Centauro, Bussola, Lupo, Triangolo australe, Riga, Altare, Telescopio, Corona australe, Microscopio, Gru, Scultore, Fenice, Fornello, Eridano, Orologio, Bulino, Colomba, Pompa o Macchina pneumatica, Idra femmina, Tazza, Corvo, Bilancia, Scorpione, Sagittario, Scudo di Sobieski, Capricorno, Pesce australe, Acquario, Balena, Lepre, Gran Cane, Liocorno, Sestante, Vergine, Serpente, Ofiuco.

Costellazioni equatoriali. — L'equatore attraversa le seguenti costellazioni: Aquila, Acquario, Balena, Idra, Leone, Liocorno, Ofiuco, Orione, Pesci, Piccolo Cane, Serpente, Vergine.

Costellazioni zodiacali. — Lungo l'eclittica sono disposte le seguenti costellazioni: Acquario, Ariete, Bilancia o Libra, Cancro, Capricorno, Gemelli, Leone, Pesci, Sagittario, Scorpione, Toro, Vergine. Il seguente distico latino, già rammentato, dovuto al poeta Ausonio, serve a ritenerle facilmente a memoria:

Sunt Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo,
Libraque, Scorpius, Arciteneus, Caper, Amphora, Pisces.

(*) Appare quasi certo che la costellazione di Orione era un asterismo riconosciuto nella valle dell'Eufrate già nell'anno 3385 a. C.

Arciteneus è il Sagittario; queste costellazioni zodiacali sono disposte secondo il loro ordine naturale, procedendo da occidente ad oriente.

Le costellazioni zodiacali non coincidono più in oggi coi segni zodiacali che ne portano il nome: e quando si legge sugli almanacchi «il Sole entra nel segno Ariete», non vuol dire che il Sole si trovi nella costellazione dell'Ariete: spieghiamoci. Il cerchio massimo dell'eclittica taglia quello dell'equatore in due punti, che si dicono equinozii. In uno di essi si trova il Sole quando incomincia la primavera, e perciò dicesi *equinozio di primavera*; quando passa per esso, il Sole proviene dall'emisfero celeste meridionale od australe ed entra nell'emisfero celeste boreale. L'opposto succede quando il Sole attraversa l'altro equinozio, il che accade al principiare dell'autunno, e perciò questo secondo punto dicesi *equinozio d'autunno*. Si dicono *solstizio d'estate* e *solstizio d'inverno* i punti dell'eclittica, nell'emisfero boreale il primo, in quello australe il secondo, nei quali sta il Sole rispettivamente quando incomincia l'estate o l'inverno. Se a partire dall'equinozio di primavera procediamo lungo l'eclittica, andando verso il solstizio d'estate, e ne dividiamo l'intiera circonferenza in dodici parti, queste saranno di 30° ciascuna: tali porzioni dell'eclittica furono dette *segni dello zodiaco*. Tremila anni or sono, quando assai probabilmente furono dati alle costellazioni i nomi loro, le dodici costellazioni zodiacali sopra nominate, stavano nei segni zodiacali nell'ordine loro, e poichè nel primo *segno* stava la costellazione dell'Ariete, si denominò quel primo *segno* il *segno Ariete*, e così di seguito. Da quell'epoca remota le cose sono cambiate, ed a cagione di un movimento speciale del piano dell'equatore celeste che produce la *precessione degli equinozii*, i *segni dello zodiaco* non coincidono più colle costellazioni delle quali portano il nome, e col volgere dei secoli andranno sempre più allontanandosi da esse. Oggi però si dice ancora che il Sole è in un dato *segno*, quando la sua longitudine è quella che a tale segno corrisponde. Si chiama *longitudine del Sole* l'arco di eclittica compreso fra l'equinozio di primavera ed il punto nel quale si trova il Sole in un dato

istante. Così si dirà che il Sole è nel segno dell'Ariete, quando la sua longitudine è compresa fra 0° e 30°; però in oggi il Sole a quell'epoca non lo si vede nella costellazione dell'Ariete, ma in quella dei Pesci. Ciò spiega perchè in tutti gli almanacchi si legga ancora in ogni mese: *Il Sole entra nel segno.....* In causa dei complicati movimenti dei varii corpi del sistema solare e della costituzione del calendario, l'*ingresso* del Sole nei singoli segni non si compie ogni anno esattamente nel medesimo istante, ma varia di anno in anno di alquanto.

La Via Lattea percorre le seguenti costellazioni: Aquila, Cassiopea, Cigno, Cocchiere, Liocorno, Lucertola, Nave Argo, Perseo, Ofiuco, Saetta, Serpente, Volpe. Il nome di Galassia dato alla Via Lattea proviene da Anassagora (550 a. C.) e da Arato, ma nelle varie epoche ebbe i più svariati appellativi. Tolomeo, che la chiama *Fascia*, ne diede una buona descrizione nel libro VIII del suo *Almagesto*, senza esprimere alcuna opinione sulla natura di essa. Dante se ne occupa molto nel *Convito*, e vi accenna due volte nel *Paradiso*. Molti altri poeti vi fecero delle allusioni.

Distanze, moti proprii e velocità di alcune stelle, più attendibili.

Num. d'ordine	NOME DELLE STELLE	Ascensione retta al principio del 1900	Declinaz. al principio del 1900	μ (1)	Parallasse e sua incertezza	Distanza media dalla Terra I (2)	Distanza media dalla Terra II (3)	Tempo (4) in anni	Velocità norm. alla visuale	Velocità lungo la visuale (5)	Velocità nello spazio	Num. d'ordine
1	α del Centauro	14h32m48s	— 60°25',4	3"67	0"75 ± 0°,01	0,28	41,1	4,35	23	—	—	1
2	21185 Lalande	10 57 53	+ 36 38 ,4	7 ,26	0 ,48 ± 0 ,02	0,43	64,2	6,79	72	—	—	2
3	61 del Cigno	21 2 25	+ 38 15 ,5	5 ,24	0 ,37 ± 0 ,02	0,56	83,3	8,81	67	— 62	91	3
4	Sirio	6 40 44	— 16 34 ,7	1 ,32	0 ,37 ± 0 ,01	0,56	83,3	8,81	17	— 7	18	4
5	18609 O. A. (6)	18 41 40	+ 59 28 ,7	2 ,28	0 ,35	0,59	88,1	9,31	31	—	—	5
6	τ della Balena	1 39 25	— 16 27 ,8	1 ,93	0 ,31	0.67	99,5	10,51	30	— 18	35	6
7	Cordoba Z 5h 243	5 7 42	— 44 58 ,8	8 ,71	0 ,31	0,67	99,5	10,51	133	—	—	7
8	Procione	7 34 4	+ 5 28 ,9	1 ,25	0 ,30 ± 0 ,02	0,69	102,8	10,86	20	— 5	21	8
9	34 Groombridge	0 12 40	+ 43 27 ,3	2 ,86	0 ,29	0,71	106,3	11,24	47	—	—	9
10	9352 Lacaille	22 59 25	— 36 25 ,8	6 ,88	0 ,28 ± 0 ,02	0,74	110,1	11,64	116	—	—	10
11	Altair	19 45 54	+ 8 36 ,2	0 ,66	0 ,23	0,90	134,1	14,17	14	— 33	36	11
12	21258 Lalande	11 0 31	+ 44 2 ,4	4 ,46	0 ,23 ± 0 ,02	0,90	134,1	14,17	92	—	—	12
13	σ del Dragone	19 32 33	+ 69 29 ,5	1 ,83	0 ,22 ± 0 ,02	0,94	140,2	14,81	39	—	—	13
14	ε dell'Indiano	21 55 43	— 57 11 ,8	4 ,67	0 ,22 ± 0 ,02	0,94	140,2	14,81	101	—	—	14
15	μ di Cassiopea	0 43 3	+ 57 17 ,1	1 ,25	0 ,21 ± 0 ,03	0,98	146,8	15,52	28	+ 10	30	15
16	70 di Ofiuco	18 0 24	+ 2 31 ,4	1 ,15	0 ,20 ± 0 ,03	1,03	154,2	16,29	28	— 65	71	16
17	17415 O. A.	17 37 0	+ 68 25 ,8	1 ,30	0 ,20 ± 0 ,02	1,03	154,2	16,29	31	—	—	17
18	1618 Groombridge	10 5 15	+ 49 57 ,6	1 ,45	0 ,20 ± 0 ,02	1,03	154,2	16,29	34	—	—	18
19	212 Piazzi (14h)	14 51 37	— 20 57 ,9	2 ,07	0 ,17	1,21	181,4	19,17	58	—	—	19
20	μ di Cassiopea	1 1 37	+ 54 25 ,8	3 ,75	0 ,17 ± 0 ,03	1,21	181,4	19,17	105	— 97	142	20
21	α_2 dell'Eridano	4 10 40	— 7 48 ,5	4 ,07	0 ,17 ± 0 ,02	1,21	181,4	19,17	113	— 42	121	21

22	11677 O. A.	11 14 50	+ 66 23 ,3	3 ,12	0 ,17 ± 0 ,02	1,21	181,4	19,17	89	—	—	22
23	Aldebaran	4 30 11	+ 16 18 ,5	0 ,20	0 ,15 ± 0 ,02	1,37	205,6	21,73	61	+ 51	80	23
24	18115 Lalande	9 7 35	+ 53 7 ,0	1 ,69	0 ,15 + 0 ,02	1,37	205,6	21,73	53	—	—	24
25	1516 Σ	11 8 39	+ 74 1 ,0	4 ,44	0 ,15 ± 0 ,02	1,37	205,6	21,73	140	—	—	25
26	ε di Eridano	3 15 56	— 43 7 ,1	3 ,17	0 ,14 ± 0 ,02	1,47	220,3	23,28	107	—	—	26
27	β dell'Idra maschio	0 20 30	— 77 49 ,0	2 ,25	0 ,13	1,59	237,2	25,07	82	—	—	27
28	322 Weisse (17h)	17 20 47	+ 2 14 ,1	1 ,34	0 ,13	1,59	237,2	25,07	49	—	—	28
29	54 dei Pesci	0 34 9	+ 20 42 ,7	1 ,56	0 ,12	1,72	257,0	27,16	62	—	—	29
30	3077 Br.	23 8 28	+ 56 37 ,0	6 ,67	0 ,12 ± 0 ,03	1,72	257,0	27,16	264	—	—	30
31	Capella	5 9 18	+ 45 53 ,8	0 ,44	0 ,12 ± 0 ,02	1,72	257,0	27,16	18	+ 30	35	31
32	Vega	18 33 33	+ 38 41 ,4	0 ,35	0 ,12 ± 0 ,02	1,72	257,0	27,16	14	— 18	23	32
33	β di Chioma di Berenice	13 7 12	+ 28 23 ,1	1 ,18	0 ,11	1,88	280,3	29,63	51	+ 4	51	33
34	β di Cassiopea	0 3 50	+ 58 35 ,9	0 ,56	0 ,10 ± 0 ,03	2,01	308,4	32,59	27	—	—	34
35	Fomalhaut	22 52 8	+ 30 9 ,1	0 ,37	0 ,10 ± 0 ,03	2,01	308,4	32,59	18	—	—	35
36	ζ di Tucano (*)	0 14 52	— 65 27 ,7	1 ,29	0 ,10 ± 0 ,03	2,01	308,4	32,59	61	—	—	36
37	1830 Groombridge	11 47 33	+ 38 26 ,2	7 ,03	0 ,10 ± 0 ,02	2,01	308,4	32,59	333	— 96	347	37
38	Polare	1 22 13	+ 88 46 ,4	0, 04	0 ,07 ± 0, 02	2,95	440,5	46,55	3	— 26	26	38

(1) Movimento proprio annuo, risultante dalla combinazione dei movimenti proprii annuali in ascensione retta e declinazione.

(2) Distanza espressa in milioni di semi-diametri dell'orbita terrestre (distanza media della Terra dal Sole).

(3) Distanza in trilioni di chilometri. Alcuni autori dicono milioni di milioni quello che qui si dice trilioni, e che i Tedeschi chiamano bilioni.

(4) Tempo, espresso in anni, impiegato dalla luce a percorrere la distanza dalla stella alla Terra, rammentando che la luce percorre 299.900 chilometri in un minuto secondo di tempo solare medio. L'anno adottato è quello civile di 365 giorni solari medii, pari a 31.536.000 minuti secondi di tempo solare medio. Nel calcolare le velocità ci siamo fermati ai chilometri, colla solita approssimazione di trascurare le cifre dopo la virgola, se inferiori a 50, aggiungendo un'unità a quelle prima della virgola, se quelle dopo sono maggiori di 50.

(5) I numeri preceduti dal segno + significano che le stelle corrispondenti vanno allontanandosi dalla Terra colla velocità scritta, al minuto secondo; i numeri preceduti dal segno — accennano ad una diminuzione della distanza ossia ad un accostamento alla Terra. Le velocità lungo la visuale sono ricavate dal quadro a pag. 230-31 del libro di Kobold, intitolato *Der Bau des Fixsternsystems*, tranne quella della Polare, che non è data in quel quadro e che abbiamo registrato secondo le concordanti determinazioni di Vogel e Scheiner.

(6) L'*Annuaire du Bureau des Longitudes* designa con OA, un catalogo di stelle pubblicato nel 1842 dagli astronomi Argelander e Oeltzen: i Tedeschi sogliono designare tal catalogo coll'abbreviazione A Oe.

(*) Il movimento proprio e la parallasse di questa stella sono dati molto diversamente da altri autori (Lœwy è l'autore dell'elenco dell'*Annuaire* dal quale è dedotto il nostro quadro). Bigourdan (*Bulletin Astronomique*, 1909) dà un movimento proprio di 2",05 ed una parallasse di 0",06, circostanze che darebbero a quell'astro una velocità molto maggiore di quella trovata da noi coi dati dell'*Annuaire*, e precisamente di chilometri 161.

Questo quadro è essenzialmente ricavato dall'*Annuaire du Bureau des Longitudes* per il 1911. Le velocità normali alla visuale furono da noi calcolate in base alle distanze ed ai moti proprii dati nel quadro; le velocità radiali desumemmo dalle fonti più recenti ed attendibili; le velocità nello spazio abbiamo calcolate in base a quelle normali alla visuale e lungo essa. Queste velocità sono relative al Sole; cioè sono quelle che si ottengono supponendo il Sole fermo: si sa invece che il Sole si muove nello spazio come le altre stelle; ma questo moto è ancora così poco noto, che molti autori riportano, e noi li seguimmo, le velocità relative al Sole, e non quelle che potrebbero dirsi *assolute* (provvisoriamente), cioè corrispondenti al Sole veramente ridotto, col calcolo, ad essere come fermo. Così in quelle velocità non si è tenuto conto del moto della Terra lungo la sua orbita.

Riassumiamo le dichiarazioni che l'*Annuaire* premette al quadro.

Gli astronomi sogliono, per brevità e semplicità, esprimere le distanze delle stelle a mezzo di un angolo, che è chiamato *parallasse annua* o semplicemente parallasse di ciascuna stella. Dicesi parallasse di una stella l'angolo sotto il quale si vedrebbe dalla stella il semigrand'asse dell'orbita terrestre, ossia la distanza media della Terra dal Sole. Quest'angolo è piccolissimo e non supera mai qualche decimo di minuto secondo d'arco. Questa estrema piccolezza delle parallassi stellari rende la loro determinazione molto delicata e difficile; di conseguenza i valori ottenuti presentano sempre una grande incertezza. Le parallassi stellari variano colle distanze delle stelle dalla Terra: esse sono tanto più piccole quanto più quelle distanze sono grandi. La parallasse di una stella permette quindi di valutare la distanza che ci separa dall'astro. Mercè il concorso della fotografia, la determinazione della parallasse diviene di più in più frequente ed esatta, e qui si sono riunite tutte le parallassi superiori a 0'',10, facendo eccezione per la Polare. Si cercò, per quanto fu possibile, d'indicare il grado di esattezza che comporta ciascuno dei numeri dati, còmpito arduo invero, benchè ogni osservatore indichi l'errore pro-

babile del suo risultato. Se si confrontano infatti i dati forniti da parecchi autori per un medesimo astro, si constata facilmente che le loro discrepanze oltrepassano spesso l'incertezza spiegabile a mezzo degli errori probabili indicati. L'espressione « incertezza di una parallasse » significa che il valore di questa quale è scritto può essere errato in più od in meno dell'ammontare dell'incertezza stessa.

II.

IL SISTEMA SOLARE

Sole. — Il massimo corpo del sistema solare, ha una massa eguale a 700 volte quella di tutti gli altri corpi del sistema presi insieme; dista in media dalla Terra (da centro a centro) di 149.490.000 (in cifre tonde 149.500.000) chilometri, ossia 23.439 raggi terrestri, ossia 214 raggi solari. Il diametro del globo solare è di 1.394.260 km., pari a circa 109 diametri terrestri. La superficie è 11.900 volte quella della Terra, ed il suo volume 1.310.000 quello della Terra; la sua massa è 324.400 volte quella della Terra, ma la sua densità è $^1/_4$ di quella della Terra: cioè il Sole è poco più denso dell'acqua, ed ha circa la densità dell'ebano.

Mercurio. — È il più piccolo dei pianeti ed il più vicino al Sole: ha un diametro di 4830 km., la sua superficie è circa quella del continente Asiatico; circola attorno al Sole ad una distanza media di circa 58 milioni km. in circa 88 (87,97) g. s. m., secondo Schiaparelli; ma è molto incerta. L'orbita è spiccatamente ellittica, ed all'afelio il pianeta dista dal Sole di 69,38 mil. km., al perielio 45,72. L'orbita è inclinata di 7° rispetto all'eclittica, e Mercurio può allontanarsi dalla Terra fino a 218 mil. km. ed accostarsele fino a 79 mil. km. Massa 0,061 quella della Terra; densità 1,149 quella della Terra. Nel suo

movimento attorno al Sole, Mercurio non può, visto dalla Terra, allontanarsi angolarmente ad est o ad ovest da essa di più di 28°, o, come suol dirsi, la sua elongazione non può superare 28°.

Venere. — Questo lucentissimo fra tutti i pianeti si chiama *Espero*, quando è visibile ad occidente, la sera, dopo il tramonto; ed è detto *Fosforo*, quando è visibile nel mattino, ad oriente, prima del levar del Sole. Esso è un globo del diametro di 12.700 chilometri, compie la sua rivoluzione intorno al Sole in 224,7 g. s. m. Venere può distare dal Sole al più di circa 108 mil. km., ed al minimo di 107, il che dimostra che la sua orbita non differisce troppo da un cerchio. La sua massima distanza dalla Terra può salire a circa 257 mil. km. e scendere a circa 40 mil. km. L'inclinazione dell'orbita sul piano dell'eclittica è di 3° 23′ 35″. La durata della rotazione di Venere sopra sè stessa non è ben nota: chi con Schiaparelli la ritiene uguale a quella della sua rivoluzione attorno al Sole, cioè di poco meno di 225 g. s. m., e chi di circa 24 ore. La massima elongazione dal Sole che può essere raggiunta da Venere è di 48°. La massa e la densità di Venere sono rispettivamente 0,787 e 0,791 quelle della Terra.

Congiunzioni dei pianeti inferiori. — Sono pianeti inferiori Mercurio e Venere: le loro orbite si svolgono attorno al Sole, internamente a quelle della Terra. In conseguenza di ciò può accadere che ciascuno di essi si trovi talvolta in linea retta colla Terra e col Sole: quando ciò avviene, e che il pianeta sta fra il Sole e la Terra, si ha una *congiunzione inferiore* di quel pianeta; quando invece, sempre essendo in linea retta coi due detti astri, il pianeta sta dalla parte opposta a quella nella quale sta la Terra, si ha una *congiunzione superiore* di quel pianeta. In astronomia e nei calendari la congiunzione si indica col simbolo ☌.

Marte. — Con Marte incomincia la serie dei così detti *pianeti superiori*, che comprende, oltre ad esso, Giove, Saturno, Urano e Nettuno. Le orbite di questi pianeti abbracciano nel loro ambito quella della Terra, di guisa che essi, visti dalla Terra, non possono mai apparire in congiunzione inferiore col Sole; ma possono essere in congiunzione superiore: ed allora, poichè

non vi è più pericolo di equivoco, si dice semplicemente che sono in congiunzione col Sole. Ciò avviene quando uno dei pianeti superiori è visto nella medesima regione celeste nella quale sta il Sole e poco discosto da esso. Un pianeta maggiore si dice poi in *opposizione* col Sole quando è visto nella regione celeste diametralmente opposta a quella nella quale in quel momento sta il Sole. Le definizioni date pur ora per la congiunzione e l'opposizione si possono applicare anche a due pianeti. Marte, dal rosso colore, è un globo che ha un diametro metà circa di quello terrestre, di cioè 6745 km., ed è, come quello degli altri pianeti, debolmente schiacciato. La distanza di Marte dal Sole varia fra un valore minimo di 205 milioni di km. ed uno massimo di 245 milioni di km.; l'orbita, che è inclinata di poco (circa 2°) sull'eclittica, è percorsa in 686,97 g. s. m. La distanza di Marte dalla Terra varia fra limiti molto larghi, e può in circostanze favorevoli scendere a circa 54 milioni km. o salire a 408. La massa e la densità di Marte sono rispettivamente 0,105 e 0,697 quelle della Terra.

Giove. — Questo è il massimo fra i corpi del sistema solare, e la sua massa è circa una millesima parte di quella del Sole, mentre è circa 310 volte quella della Terra; la sua densità, di non molto superiore a quella dell'acqua (1,30), è 0,237 di quella della Terra. Il globo di Giove pare alquanto schiacciato, il suo diametro equatoriale è 143.800 km., esso ruota sopra sè stesso in $9^h\ 55^m\ 37^s$ e circola intorno al Sole in 11 anni e 315 giorni solari medii circa. Le distanze di Giove dal Sole variano fra un massimo di 810 mil. km. ed un minimo di 736; quelle dalla Terra fra un massimo di 959 mil. km. ed un minimo di 587 circa. Il piano dell'orbita di Giove è inclinato su quello dell'eclittica di 1° 18′ 41″.

Saturno. — E' il più curioso ed interessante fra i componenti il sistema solare, perchè è adorno del magnifico anello scoperto da Galileo, che però non è visibile ad occhio nudo. Nei cannocchiali l'anello presenta aspetti diversi, a seconda della posizione della Terra rispetto a Saturno, ossia dell'inclinazione sotto la quale noi lo vediamo. Quando l'anello è molto

inclinato alla nostra visuale, noi lo vediamo quasi intieramente in tutta la sua larghezza: è di forma ellittica, ed accade talvolta che in quella posizione uno dei poli di Saturno sia completamente coperto dall'anello. Poi, a partire da quell'epoca la larghezza dell'anello va gradatamente scemando, finchè accade che il piano dell'anello trovandosi quasi a passare per la visuale, l'anello medesimo non è più visibile che coi più forti cannocchiali, sotto forma di una sottile linea luminosa, che talvolta anche scompare, e Saturno appare per qualche giorno senza anello. L'anello non è a contatto col pianeta, ma dista dalla superficie di questo di 25.605 km.; il suo spessore sembra essere compreso fra i 200 ed i 300 km. Il diametro maggiore dell'anello è di 278.230 km., e la larghezza tocca i 64.000. Diametro: 119.075 km. Rivoluzione attorno al Sole: 29 anni e 167 giorni solari medii circa. Rotazione sopra sè stesso: $10^h\ 14^m\ 24^s$. Inclinazione del piano dell'orbita sul piano dell'eclittica: 2° 29′ 40″. Massa e densità rispettivamente: 91,919 e 0,125 quelle della Terra. La densità di Saturno è molto minore di quella dell'acqua. Distanza massima e minima dal Sole rispettivamente: 1500 mil. km. e 1340 mil. km. circa; dalla Terra: 1646 e 1190 mil. km.

Urano. — Massa e densità: 13,518 e 0,191 quelle della Terra; la densità è di pochissimo superiore a quella dell'acqua. Ignorasi la durata della sua rotazione; quella della sua rivoluzione attorno al Sole è di 84 anni e 7 g. s. m. Inclinazione: 46′. Diametro: 59.171 km. Distanza massima e minima dal Sole rispettivamente: 2984 e 2720 mil. km. circa; dalla Terra: 3132 e 2570 mil. km. circa. Barnaba Oriani (1752-1832) pubblicò nel 1789 precise tavole di Urano, notevoli anche perchè in esse l'autore espone un procedimento geniale il quale permette di via via facilmente correggerle. Oriani fu un grande astronomo, e Giovanni Celoria potè scriverne così: « Da *Lui* e per *Lui* gloria venne alla scienza ed al nome italiano ». Vincenzo Monti, nella *Mascheroniana*, così cantò di Oriani:

> Lui che primiero dell' intatto Urano
> co' numeri frenò la via segreta,
> Orian degli astri indagator sovrano.

Nettuno. — Massa e densità: 16,47 e 0,294 quelle della Terra. Ignorasi la durata della sua rotazione; quella della sua rivoluzione attorno al Sole: 164 anni e 280 g. s. m. Inclinazione: 1° 47'. Distanza massima e minima dal Sole rispettivamente: 4505 e 4430 mil. km. circa; dalla Terra: 4655 e 4280 mil. km. circa. Diametro del pianeta: 54.979 km.

Luna. — Descrive attorno alla Terra un'orbita ellittica; la sua distanza media dalla Terra è di 60,27 raggi terrestri equatoriali, ossia di 384.446 km.; è un globo avente per raggio 1741 km., la cui massa è poco più di un centesimo di quella della Terra, 0,0123, con una densità che è 0,601 quella della Terra. L'orbita lunare è inclinata all'eclittica di poco più di 5°. La Luna ruota sopra sè stessa in $27^d\ 7^h\ 43^m\ 11{,}5^s$ di tempo solare medio: questa durata della rotazione è uguale a quella della sua rivoluzione siderale. Intendesi poi per *rivoluzione siderale* l'intervallo di tempo che intercede fra due congiunzioni successive della Luna con una medesima stella. Dicesi *rivoluzione sinodica* della Luna l'intervallo di tempo che intercede fra due fasi consecutive del medesimo nome; essa si dice anche *lunazione* o *mese lunare*, ed è di $29^d\ 12^h\ 44^m\ 2^s,9$ di t. s. m. Popolarmente si dà alla lunazione il nome del mese nel quale incomincia, e si dice lunazione, più spesso *luna* di gennaio, quella che incomincia in quel mese; e se in un dato mese incominciano due *lune*, si dice che quel dato mese ha due *lune*. Quest'uso non ha probabilmente altro fondamento all'infuori delle credenze popolari, pur troppo tuttora vive, intorno alle supposte influenze della Luna sulle vicende meteorologiche e sulla vita degli esseri terrestri, e sulle più umili faccende umane. I computisti del calendario hanno quasi sempre seguìto un metodo opposto all'uso popolare, chiamando una lunazione o Luna col nome del mese nel quale termina. Entrambi i metodi sono puramente convenzionali e non hanno assolutamente nulla che vedere coll'astronomia e molto meno colle vicende atmosferiche e col tempo.

Terra. — La Terra è un globo schiacciato ai poli, che ruota intorno al proprio asse; questo asse è quello

che, prolungato, incontra la sfera ideale celeste nei due poli celesti.

Il semi-asse equatoriale = 6.377.397 m.
» polare = 6.356.079 m.

Raggio di una sfera di volume eguale a quello della Terra: R = 6.370.283. La Terra compie un'intiera rivoluzione sopra sè stessa, in una durata che dicesi *giorno siderale* e che è lunga $23^h 56^m 4{,}09^s$ di t. s. m.

La Terra descrive la sua orbita attorno al Sole in $365^d\ 6^h\ 9^m\ 9{,}5^s$ di t. s. m. che dicesi *anno siderale*. Questa durata varia col tempo, ma in modo, per così dire, insensibile.

Pianetini. — A quanto dicemmo nel testo intorno a questi astri circolanti fra Marte e Giove aggiungeremo solamente, a decoro del nostro paese, che essi sono in Italia particolarmente osservati e studiati da quei due valorosi astronomi che sono Elia Millosevich ed Antonio Abetti.

Elia Millosevich è direttore dell'osservatorio del Collegio Romano in Roma: Antonio Abetti di quello di Arcetrè presso Firenze, reso celebre da Galileo.

III.

COMETE PERIODICHE

delle quali si è osservato il ritorno.

Numero d'ordine	NOME	Durata della rivoluz. siderale	Distanza perielia	Distanza afelia
		Anni		
1	Encke	3,297	0,338041	4,092495
2	Tempel	5,173	1,322600	4,659705
3	Brorsen	5,456	0,587759	5,610377
4	Tempel-L. Swift	5,681	1,153161	5,214245
5	Winnecke	5,892	0,972518	5,552192
6	De Vico-E. Swift	6,400	1,669603	5,224770
7	Perrine	6,454	1,17273	5,76040
8	Tempel	6,538	2,091139	4,901964
9	Finlay	6,540	0,965382	6,028808
10	D'Arrest	6,542	1,269971	5,725468
11	Biela (nucleo 1)	6,692	0,879152	6,222893
	Biela (nucleo 2)	6,693	0,879177	6,224036
12	Wolf	6,823	1,595267	5,599277
13	Holmes	6,857	2,121719	5,096945
14	Brooks	7,101	1,963006	5,428880
15	Faye	7,390	1,649722	5,937982
16	Tuttle	13,667	1,019130	10,41330
17	Pons-Brooks	71,56	0,775729	33,69805
18	Olbers	72,65	1,199118	33,62339
19	Halley	76,02	0,587151	35,30339

L'unità delle distanze è la distanza media della Terra dal Sole, che, coll' *Annuaire du Bureau des*

Longitudes 1911, assumeremo di chilometri 149.501.000. La distanza perielia corrisponde al punto dell'orbita della cometa in cui l'astro è più vicino al Sole, distanza afelia a quello nel quale la cometa raggiunge la sua massima distanza dal Sole. Per avere queste distanze espresse in chilometri, basta moltiplicare i numeri delle rispettive colonne per 149.501.000. Prendiamo, ad esempio, la cometa di Halley, avremo:

Distanza perielia = 0,587151 × 149.501.000 = 8.779.662 chilometri
Distanza afelia = 35,30330 × 149.501.000 = 5.277.893.603 »

GLOSSARIO
ED INDICE DELLE COSE

Sul nostro capo, attorno a noi, al di là di tutte le cose terrene che scorgiamo, sembra insistere come una cupola immensa, una vôlta enorme, un'emisfero al centro del quale ci sembra di stare, che tutto avvolge e ricopre. Sulla faccia interna di questa vôlta illusoria, al giorno, se è sereno, vediamo scorrere il Sole; e alla notte la Luna, i pianeti e le stelle. Se è nuvolo quei corpi celesti vengono sottratti alla

nostra vista dalle nubi, che sono ammassi di vapore d'acqua non trasparente. Quella vôlta, quella cupola non è che una parvenza, una delle tante illusioni ottiche alle quali va soggetto l'uomo. La sfera celeste è una finzione geometrica indispensabile ai calcoli astronomici, ma non ha alcuna esistenza reale.

INDICE DELLE PERSONE